

01 80 00 13

Ontogénie des fibres textiles de l'*Hibiscus cannabinus* L. (Malvacées)*

Jean BOURÉLY (1)

RÉSUMÉ

L'*Hibiscus cannabinus* possède des fibres textiles d'origine phloémienne et de type primaire et secondaire. Leur mise en place est étudiée dans les différentes parties de la plante depuis la germination jusqu'à la maturité complète.

Une étude ontogénique réalisée à la base de l'hypocotyle montre que seuls les 2 types cellulaires phloémiens donnent naissance aux fibres.

Les modalités de leur différenciation sont étudiées ainsi que la formation de leur paroi secondaire lignifiée.

La discussion met en relief la complexité des phénomènes de mise en place des parois et de leur lignification.

Mots clé : *Hibiscus*, fibres, phloème, histocytologie.

INTRODUCTION

De nombreux végétaux possèdent, dans leurs organes aériens ou souterrains, des fibres phloémiennes situées au contact de la zone corticale. Ces cellules sont caractérisées par l'épaisseur de leurs parois (cellulosiques ou lignifiées), par leur allongement longitudinal important et par le fait qu'elles sont généralement groupées, soit en anneaux continus ou localement interrompus, soit en faisceaux, plus ou moins régulièrement répartis à la périphérie du cylindre central.

Parmi les végétaux qui renferment des fibres, les plantes textiles présentent un intérêt tout particulier, car leurs fibres phloémiennes ont des propriétés remarquables qui les distinguent très nettement des autres fibres végétales : finesse, ténacité, souplesse et, pour certaines d'entre elles, résistance à divers agents chimiques ou biologiques. Ainsi, la paroi des fibres lignifiées est généralement peu sensible à l'action lysante des enzymes sécrétés par les agents microbiens ou fongiques ; cette propriété permet l'extraction des fibres du lin, du chanvre, du jute, de l'*Hibiscus cannabinus* et de l'*Hibiscus sabdariffa*, par rouissage biologique.

Ces caractéristiques concernent, par exemple, des plantes textiles dites à fibres jutières et à liber stratifié de la famille des Tiliacées, comme le jute (*Corchorus capsularis* et *Corchorus olitorius*) et de la famille des Malvacées, essentiellement le « jute du Siam » [*Hibiscus cannabinus* (Mesta, Dâh malien, Chanvre de Guinée ou Kénaf, ce dernier terme étant

principalement utilisé par les auteurs de langue anglaise) et l'*Hibiscus sabdariffa* (Roselle, Oseille de Guinée)], qui fournissent des fibres appréciées pour la fabrication de ficelles, de cordes et de câbles, et pour la confection de toiles d'emballage et de sacs.

Les fibres jutières occupent, parmi les fibres textiles industrielles, la seconde place après le coton. Ainsi, entre 1964 et 1973, alors que la production cotonnière dépassait 10 000 000 de tonnes, celle des fibres jutières était comprise entre 3 222 000 tonnes et 3 527 000 tonnes. Pour 1975-1976, elle était estimée à 3 806 000 tonnes, dont 990 000 en Inde, 810 000 au Bangla Desh et 275 000 en Thaïlande.

L'importance économique des fibres jutières est donc considérable et justifie pleinement les recherches dont le jute a fait l'objet, essentiellement en Inde et au Bangla Desh, qui sont les pays les mieux adaptés à sa culture.

Cependant, les études histocytologiques des autres plantes jutières, et en particulier de l'*Hibiscus cannabinus* et de l'*Hibiscus sabdariffa*, restent très peu nombreuses, bien que ces deux plantes possèdent des exigences écologiques et culturales très inférieures à celles du jute. A ce titre, elles le concurrencent de plus en plus dans de nombreux pays producteurs, principalement en Thaïlande, mais aussi en Inde et au Bangla Desh.

Il faut attendre 1944 pour relever les premiers travaux sur la différenciation des tissus vasculaires de l'*Hibiscus sabdariffa* L., sur l'origine, le développement et la structure des fibres végétales importantes ou sur l'origine et le développement des bourgeons axillaires de l'*Hibiscus cannabinus*. Il convient de remarquer que l'essentiel des recherches entreprises

* Extrait essentiel de la thèse de doctorat d'Etat de l'auteur, soutenue le 20 juin 1978.

1. Laboratoire de Chimie des plantes textiles. I.R.C.T., Centre de Recherches du G.E.R.D.A.T., avenue du Val-de-Monferrand, B.P. 5035 MONTPELLIER Cedex.

sur les fibres phloémiennes a fait appel aux techniques de la microscopie photonique. Les travaux effectués, en microscopie électronique, sur la différenciation des fibres phloémiennes et sur l'ultrastructure des parois de certaines fibres textiles sont peu nombreux, alors qu'une abondante littérature est consacrée aux fibres xylémiennes.

Jusqu'à présent, les recherches agronomiques, génétiques et technologiques, réalisées sur l'*Hibiscus cannabinus*, ont eu pour principal objectif l'amélioration de ses conditions de production, par la création, par exemple, de variétés à cycle court, à haut rendement et résistantes aux maladies.

Remarquons aussi que plusieurs articles traitent de l'analyse chimique des fibres textiles de l'*Hibiscus*

cannabinus, le plus souvent en comparaison avec celles du jute.

Afin de parfaire nos connaissances histocytologiques sur les fibres jutières, il nous a semblé intéressant d'entreprendre l'examen de l'ontogenèse des fibres textiles de l'*Hibiscus cannabinus* L.

Nous avons donc examiné l'origine, le mode de formation et l'évolution des fibres de l'*Hibiscus cannabinus*, variété « Soudan précoce », depuis la germination jusqu'au développement complet de la plante. Les techniques anatomiques, cytologiques et cytochimiques, en microscopie photonique et électronique, et celles de la chimie analytique et en particulier de la chromatographie, ont été utilisées dans ce travail.

L'*Hibiscus cannabinus* L. DANS SON MILIEU NATUREL

Avant d'exposer nos résultats, nous présenterons le matériel végétal sur lequel nous avons effectué ces recherches, afin d'en définir le comportement dans son milieu naturel.

L'*Hibiscus cannabinus* L. est une plante textile tropicale annuelle appartenant à la famille des Malvacées (photo 1).

Cette espèce se rencontre entre le 45° parallèle Nord et le 40° parallèle Sud, en Inde, en Asie, en Amérique, en Afrique, dans les pays méditerranéens et au Moyen-Orient.

MÉDINA (1959) indique qu'une sous-espèce de l'*Hibiscus cannabinus* serait originaire des Indes orientales, les autres étant natives d'Afrique tropicale. MÉDINA (1959) et DEMPSEY (1975) décrivent 5 types de l'*Hibiscus cannabinus* (*simplex*, *viridis*, *ruber*, *purpureus* et *vulgaris*) qui diffèrent par la couleur, rouge ou verte, de leurs organes aériens, par la forme de leurs feuilles et par leur précocité.

Ainsi, la variété « I.R.C.T. - Soudan précoce », que nous avons utilisée pour notre travail, est du type *vulgaris*. La tige, épineuse, de couleur verte, atteint 3 à 4 mètres de hauteur ; elle possède un port dressé comparable à celui du chanvre (*Camabis sativa*) ; cette observation justifie le nom de *cannabinus* que LINNE a donné à cet *Hibiscus*. Les feuilles, vertes comme l'ensemble du plant, s'insèrent sur la tige par de longs pétioles à l'aisselle desquels seront portés les boutons floraux. Les six ou sept premières feuilles sont entières et cordiformes. Les suivantes sont profondément palmilobées avec cinq ou sept lobes lancéolés et acuminés. Les fleurs axillaires, solitaires, se différencient depuis la région médiane jusqu'au sommet de la tige. Les pétales sont jaunes, sauf à leur base de couleur pourpre. L'ovaire groupe cinq carpelles ovoïdes densément recouverts de poils. Le fruit est une capsule globuleuse ; il renferme une vingtaine de graines. La racine, du type pivotant, mesure en moyenne de 15 à 20 cm de longueur dans la plante adulte.

L'*Hibiscus cannabinus* s'accommode pratiquement de tous les types de sols, mais il préfère les terrains argilo-siliceux perméables qui ne se dessèchent pas



Photo 1. — Une parcelle de Dâh (*Hibiscus cannabinus*) au Mali, au moment de la maturité textile de la plante.

trop vite. Les meilleures conditions culturales sont réalisées en climat tropical. A l'humidité, la graine germe lorsque la température est supérieure à 15 °C. Des précipitations mensuelles de 150 mm sont nécessaires pour assurer la croissance pendant les quatre premiers mois du développement.

L'*Hibiscus cannabinus* est une plante photopériodique stricte de jours courts. Ainsi, la variété « I.R.C.T. - Soudan précoce » ne fleurit que lorsque la photopériode journalière devient inférieure à 12 heures et demie (DINH-NGOC-XUAN, 1973). Une sécheresse prononcée favorise le déclenchement de la floraison, alors que des pluies incessantes la retardent ; les fleurs ne sont initiées que si la plante est âgée de plus de 60 jours, même si la culture est effectuée depuis le semis sous une photopériode favorable.

Les fibres textiles sont incluses dans la zone phloémiennne. Pour obtenir un rendement important, il est donc indispensable que le volume des formations phloémiennes de l'ensemble du végétal soit maximal. Pour cela, les tiges doivent atteindre la plus grande hauteur possible dans le laps de temps le plus court.

Dans ce but, on effectue des semis très précoces, dès que les premières pluies assurent des ressources hydriques suffisantes pour la germination des graines et le développement des jeunes plantules. Au Mali, on sème, à la fin du mois de mai ou au début du mois de juin, en lignes espacées de 15 à 25 cm, 35 à 40 kg de graines par hectare, pour atteindre une densité de 600 000 à 800 000 plants. Dans ces conditions, la plante croît en moyenne de 2,5 à 3 cm par jour. La variété « I.R.C.T. - Soudan précoce » est récoltée, au Mali, pour la préparation des fibres, dès la fin du mois de septembre, au début de la floraison.

Les plants, qui fourniront les semences, nécessitent des conditions culturales nettement différentes de ceux qui sont destinés à la production des fibres. Les semis sont réalisés beaucoup plus tardivement, dans le courant du mois de juillet, de sorte que la période de jours courts débute lorsque la hauteur de l'axe aérien ne dépasse pas 1 à 2 mètres. Des ramifications latérales se forment et la plante fleurit et fructifie abondamment. Un régime climatique chaud et sec est indispensable pour assurer le développement des capsules et la maturation des graines.

Au contraire, seuls les plants non ramifiés, ayant une hauteur suffisante (de 3 à 4 mètres) et un diamètre convenable (de 2 à 4 cm à la base de l'hypocotyle), conviennent à la fourniture de fibres textiles de bonne qualité.

La récolte s'effectue à la faucille, à la machette ou à l'aide d'une faucheuse tractée. Les plantes sont sectionnées à la base de l'hypocotyle. Un séchage sommaire, sur le champ, provoque la chute des feuilles. Les plants sont ensuite réunis en bottes de 20 cm de diamètre que l'on dresse en moyettes. Pour des raisons pratiques évidentes, les fibres des racines ne sont pas exploitées, leur préparation étant techniquement très difficile et économiquement peu rentable.

L'extraction des fibres phloémiennes peut être réalisée suivant trois types de procédés : mécanique, chimique ou biologique. Les traitements mécaniques, couramment utilisés dans l'industrie du lin et du chanvre, consistent à broyer les organes aériens des plantes textiles, de manière à éliminer la plus grande partie des tissus non fibreux. L'opération du décoricage, ou délanierage, est parfois pratiquée sur l'*Hibiscus camarinus* pour séparer la zone extracambiale ou lanière, qui renferme la totalité du phloème et des fibres, de celle du xylème qui forme un manchon continu, épais et très dur et qui ne contient pas de fibres.

Des méthodes chimiques sont généralement appliquées à la suite des traitements mécaniques. Les agents chimiques (solutions diluées, alcalines, acides ou neutres), employés le plus souvent à chaud, désagrègent les parois pectocellulosiques des cellules non fibreuses et seules les fibres sont conservées. Les fibres de l'*Hibiscus camarinus*, extraites suivant ces techniques, sont d'excellente qualité. Néanmoins, les procédés chimiques sont rarement mis en œuvre pour leur préparation ; des essais, entrepris au Congo, dans la région de Madingou, ont en effet montré qu'ils n'étaient pas économiquement rentables, le prix

de vente des fibres ainsi obtenues ne pouvant amortir le coût des installations nécessaires.

De tout temps, la quasi totalité des fibres jutières mondialement exploitées a été extraite par rouissage biologique. Les plants, réunis en bottes, sont immergés, sous quelques centimètres d'eau, dans un fossé ou un méandre de rivière, en aval de laquelle on établit un barrage, de manière à réduire le courant et à régulariser le niveau de l'eau (photo 2).

Sous l'action d'organismes bactériens et fongiques, les parois pectocellulosiques des cellules non lignifiées sont détruites. La cohésion entre les faisceaux de fibres lignifiées et les tissus voisins est ainsi rompue. Après 8 à 12 jours de trempage, en saison chaude, la lanière se détache du bois par simple friction manuelle. Le rouissage est alors terminé. On retire les bottes de l'eau et on les étale au bord de la rivière. Chaque plant est défibré séparément.

On détache, au niveau de l'hypocotyle, la zone phloémienne imbibée d'eau ; on la tire vers le haut de la tige, tout en rejetant le xylème vers l'arrière. On sépare ainsi les fibres phloémiennes du xylème



Photo 2. — Un routoir artisanal dans un marigot, au Mali.

qui forme un axe rigide, depuis la base jusqu'au sommet de la plante. Les fragments de tissus parenchymateux qui subsistent au contact des fibres sont éliminés par des lavages successifs à l'eau, suivis d'essorages.

Après séchage, les fibres ou « filasses » sont assouplies par des procédés mécaniques appropriés, puis elles sont liées en bottes. Elles sont alors prêtes à être traitées industriellement.

Dans de bonnes conditions de culture, la variété « I.R.C.T. - Soudan précoce » fournit, au Mali, plus de 30 t/ha de plantes fraîches qui produisent 1,5 à 2 tonnes de fibres rouies sèches, directement utilisables pour la fabrication de fils, ficelles, cordages, toiles d'emballage, sacs et tissus de revêtement muraux.

RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX

La mise en place des fibres dans les différents organes de la plante

L'utilisation importante des fibres de l'*Hibiscus camarinus* rendait intéressant, sur le plan théorique, l'examen des modalités de différenciation des divers types de fibres dans les différents organes de la plante. Une étude ontogénique s'imposait.

Pour l'examen en microscopie photonique, des sections à « main levée » sont pratiquées à divers niveaux dans les différents organes de la plante et des colorations classiques au bleu de méthylène-rouge de ruthénium ou au carmin-vert d'iode sont effectuées. Des coupes semi-fines, de 1 µm d'épaisseur, de matériel fixé au glutaraldéhyde postosmié sont colorées au paragon.

Pour l'étude en microscopie électronique, des fragments d'hypocotyle ou de tige, de quelques millimètres de longueur, sont fixés au glutaraldéhyde et postosmiés. Les échantillons subissent les traitements classiques de déshydratation au cours desquels certaines pièces sont contrastées par l'acétate d'uranyle.

Le matériel, inclus dans l'araldite, est ensuite sectionné, à l'ultramicrotome, suivant les plans transversal, radial ou tangentiel. Les ultra-coupes, recueillies sur grilles en cuivre, sont examinées telles quelles pour les échantillons déjà traités par l'acétate d'uranyle, ou après contraste par le permanganate de potassium pour les autres.

Des ultra-coupes sont aussi recueillies sur des grilles en or, puis traitées par la méthode de THIERY, afin de mettre en évidence les polysaccharides membranaires.

a. La formation des fibres phloémiennes dans l'hypocotyle

À la 24^e heure de germination (fig. 1), alors que la plantule est encore incluse dans la graine, les premiers éléments du xylème (fig. 2, xy) et du phloème, ph, sont en voie de différenciation, à 200 µm du point végétatif. Après 48 heures (fig. 3), on distingue, à la base de l'hypocotyle, au niveau marqué ab, et en section transversale, quatre ou cinq massifs de phloème (fig. 4, ph), qui alternent avec le xylème primaire, xy. À la base de l'hypocotyle d'une plante âgée de deux cents heures (fig. 5), chaque massif phloémien est segmenté, par des cellules de parenchyme phloémien, pl1, en quatre ou cinq sous-massifs d'inégale importance. Les sous-massifs centraux sont les plus volumineux. Leurs cellules possèdent des parois lignifiées épaisses et se transforment en fibres, fp. Les sous-massifs périphériques, de plus faibles dimensions, demeurent plus longtemps cellulotiques. Ils se lignifient lorsque la plante est âgée de plus de 270 heures.

Dans une plante venant de former quatre feuilles (fig. 6), on observe, à la base de l'hypocotyle et en section transversale, du phloème secondaire fonctionnel, phf, au contact des fibres primaires, fp et, en

position plus interne, des faisceaux de fibres secondaires nouvellement construits, fs. Ils sont limités latéralement par des cellules de parenchyme phloémien, pl1 et pl2 et, radialement, par du phloème secondaire fonctionnel, issu du cambium, c. Les faisceaux de fibres secondaires se disposent en un anneau circulaire. À ce stade, le xylème constitue un manchon continu. Dans la plante plus âgée, de nouvelles assises de fibres et de phloème secondaires se mettent en place. Une section transversale effectuée au milieu de l'hypocotyle d'une plante venant d'acquies 12 feuilles (fig. 7) montre, à partir des fibres primaires, fp, une première assise de cellules de phloème secondaire, aux parois fines pectocellulosiques, Phf et 1, puis, en position plus interne, une assise de faisceaux de fibres secondaires, fs et 1, aux épaisses parois lignifiées, une seconde assise de phloème fonctionnel secondaire, Phf et 2, et enfin, au contact du cambium, un nouvel anneau de fibres secondaires en voie d'édification.

b. La formation des fibres phloémiennes dans la tige

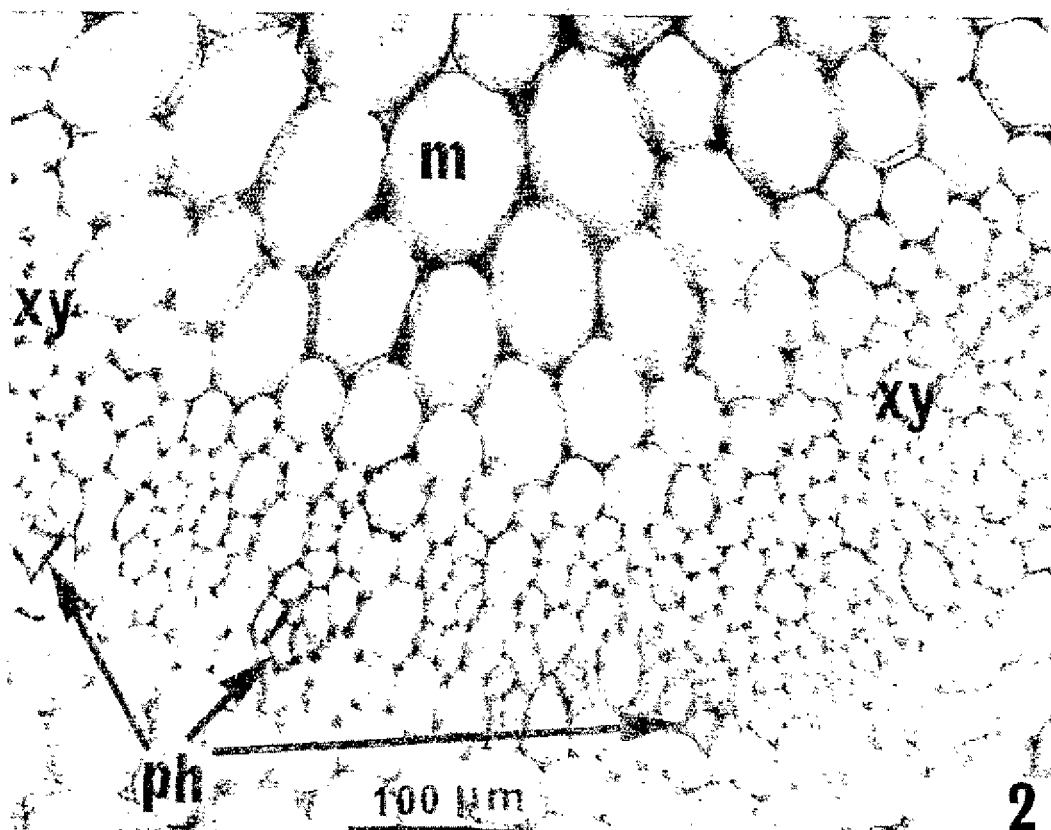
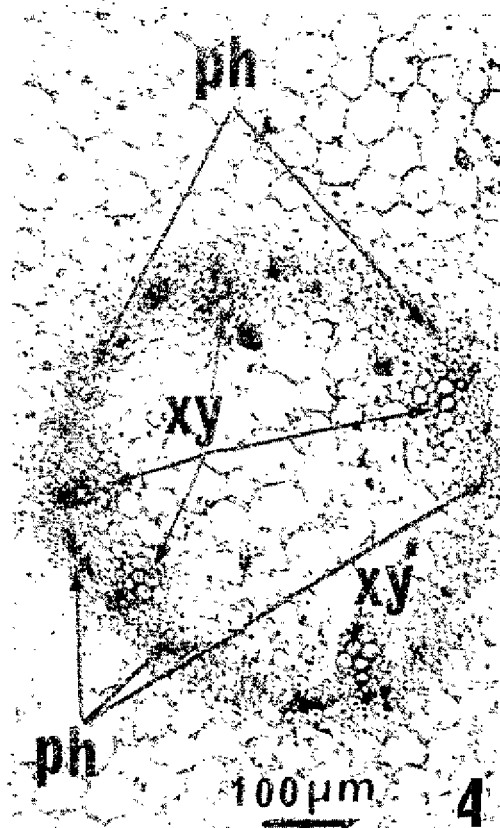
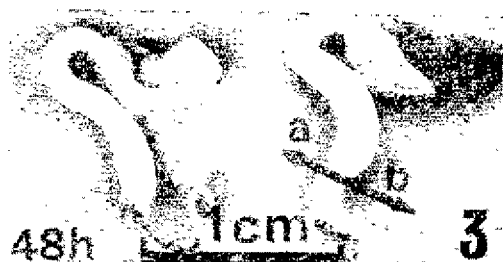
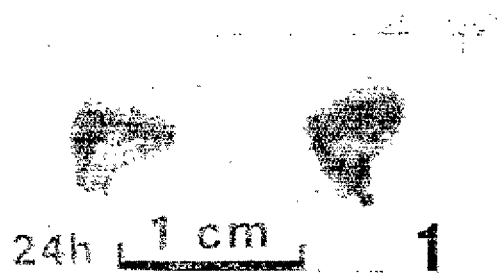
Pour une plante d'un âge déterminé, la différenciation des fibres phloémiennes est beaucoup plus avancée dans l'hypocotyle que dans l'épicotyle. Cet organe ne commence d'ailleurs à s'allonger que lorsque la plante acquies quatre feuilles, au moment où les premières fibres secondaires se différencient à la base de l'hypocotyle.

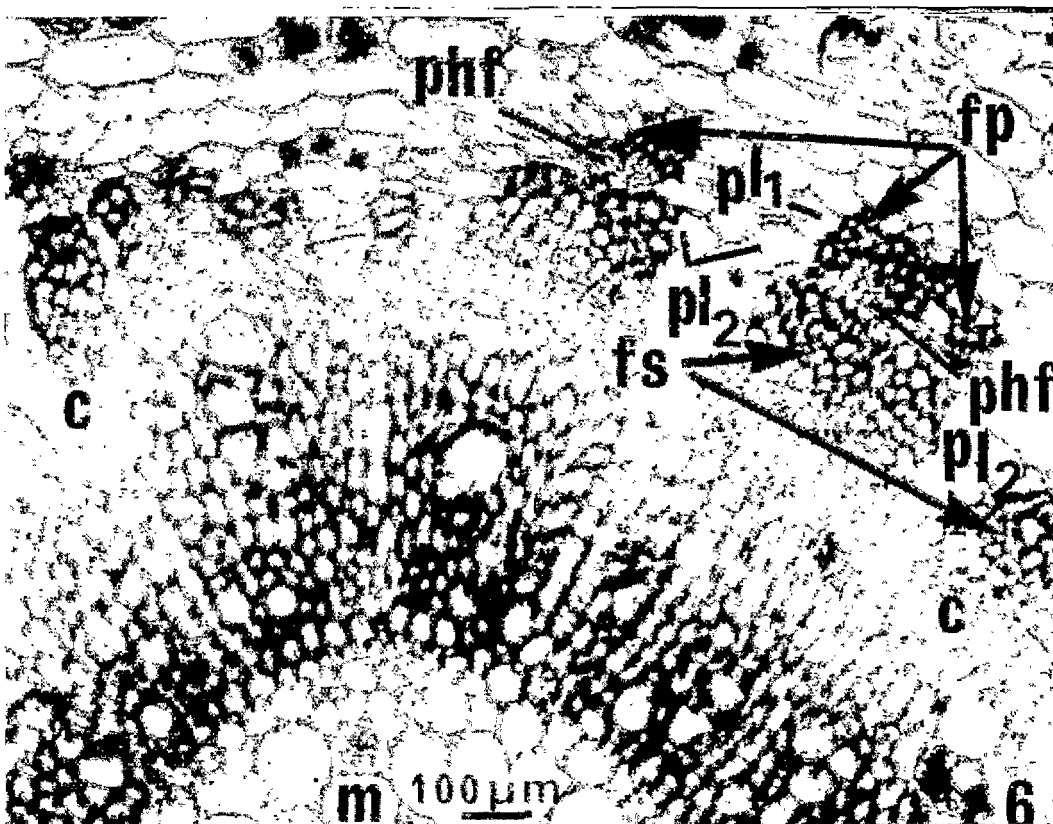
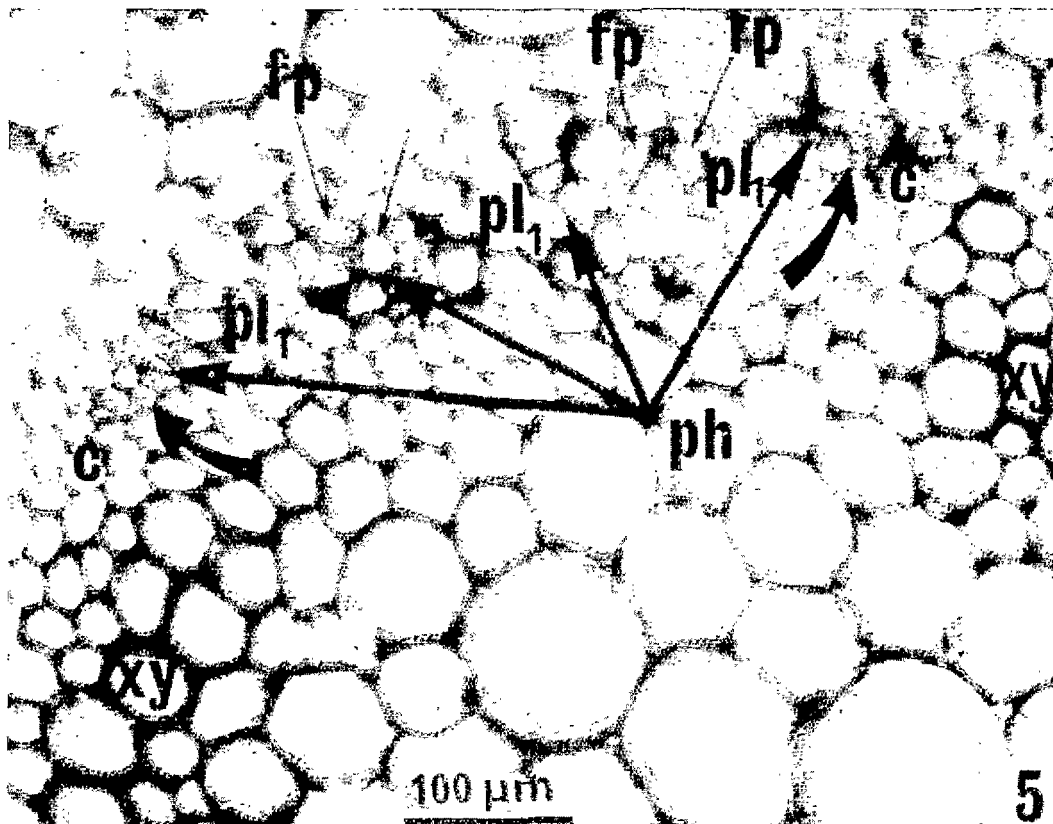
À ce stade, les sous-massifs du phloème primaire de l'épicotyle, répartis en une assise circulaire, sont encore tous cellulotiques à la base de l'entre-nœud le dernier formé; puis ils se lignifient, pour donner les premiers faisceaux de fibres primaires, à 2 cm au-dessous de l'insertion de la première feuille, lors de l'étalement de la cinquième feuille.

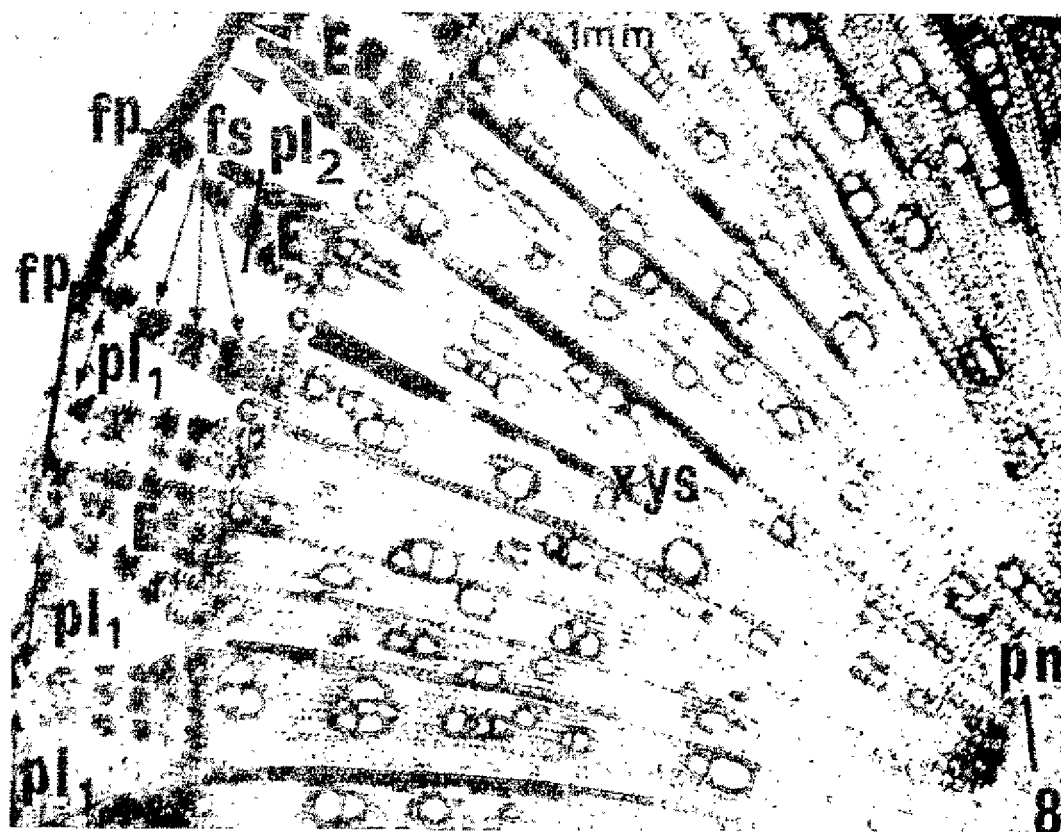
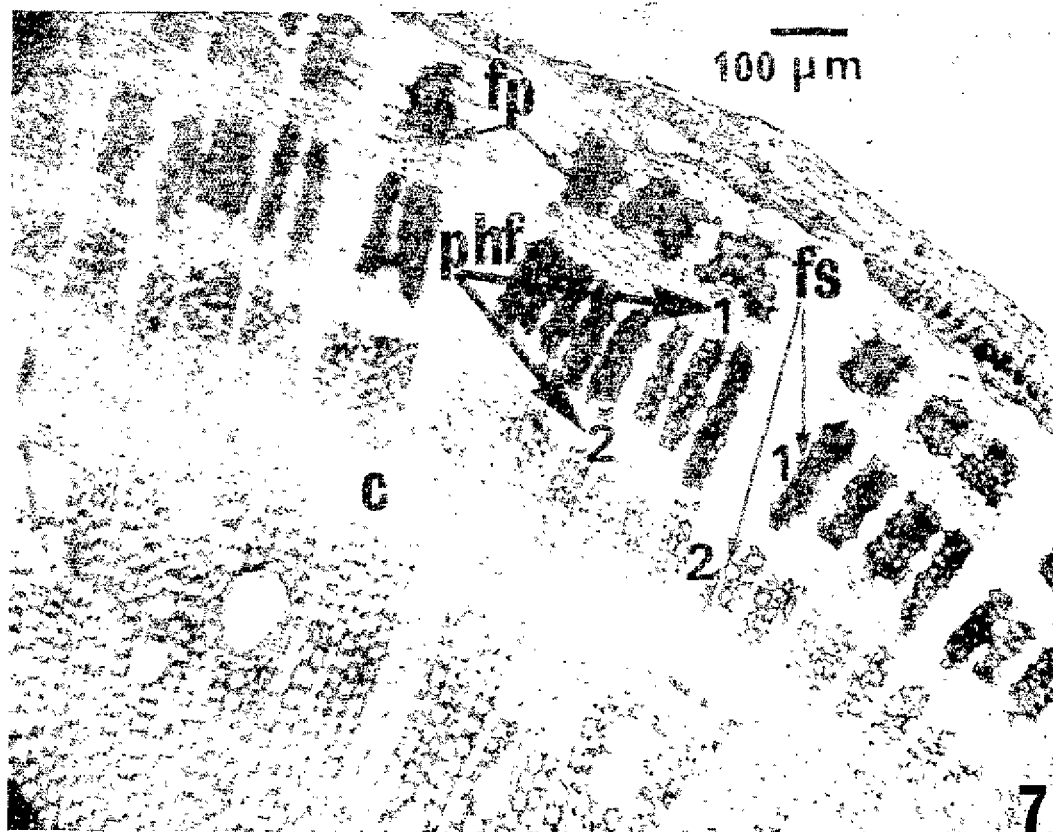
Dans la plante plus âgée, des assises de phloème fonctionnel et de fibres secondaires, issues du cambium, se mettent en place et évoluent comme nous venons de le décrire dans l'hypocotyle. Ainsi, au moment de la formation de la 31^e feuille (fig. 8), on remarque, à la base de la tige et en section transversale, quatre anneaux de fibres phloémiennes, le premier étant primaire, fp, et les trois autres secondaires, fs. Chaque anneau fibreux est limité radialement par une assise de phloème fonctionnel et, latéralement, par des cellules de parenchyme phloémien, pl1 et pl2. On note qu'à ce niveau et en section transversale, les faisceaux de fibres se groupent en ensembles triangulaires et que le bois occupe la majeure partie du cylindre central.

c. La mise en place des fibres phloémiennes dans la racine

Les massifs du phloème primaire sont reconnaissables, en section transversale, près de la pointe racinaire, 48 heures après l'imbibition de la graine. Comme ceux du xylème primaire, ils sont alors encore entièrement cellulotiques.







Les premières cellules phloémiennes se lignifient dès 260 heures de germination, au centre de chaque massif phloémien. La lignification progresse en direction centripète et latéralement vers chaque extrémité des massifs phloémiens. Les fibres primaires, groupées en faisceaux, s'organisent en une assise circulaire. Une section transversale effectuée à 25 mm de l'apex racinaire, lors de l'étalement de la troisième feuille, montre (fig. 9), à partir des fibres primaires, fp, une première assise de phloème secondaire fonctionnel, Phf et, en position plus interne, une assise de fibres secondaires, fs, nouvellement édifiée et séparée du cambium, c, par un second anneau de phloème secondaire. Une radicelle, r, est en voie de formation.

Au moment de l'acquisition de la 31^e feuille (fig. 10), à 1 cm du collet et en section transversale, nous observons un anneau de fibres primaires, fp, quatre anneaux de fibres secondaires, fs, séparés radialement par du phloème secondaire, phf et, au contact du cambium, c, la naissance d'un cinquième anneau de fibres secondaires. En section transversale, les faisceaux de fibres s'organisent en ensembles complexes en forme de triangle.

La figure 11 permet de résumer nos observations sur les modalités de différenciation des fibres phloémiennes primaires et secondaires dans les divers organes de la plante.

A 260 heures de germination (A), à la base de l'hypocotyle (2), les massifs phloémiens, ph, sont subdivisés en plusieurs sous-massifs. Les premières fibres primaires, fp, ont pris naissance dans les sous-massifs centraux. Les sous-massifs périphériques, moins volumineux, demeureront plus longtemps cellulotiques. Les cellules phloémiennes de la partie médiane de la racine (1), celles de la partie haute de l'hypocotyle (3) et celles de la tige (4), sont encore entièrement cellulotiques. Lorsque la plante acquiert 4 feuilles (B), les fibres primaires, fp, examinées en section transversale, existent dans la partie haute de la racine (1) et jusqu'à la base de l'hypocotyle (2). A ce niveau, une première assise de fibres secondaires, fs, est nouvellement constituée. Le sommet de

l'hypocotyle (3) et la tige (4) renferment des sous-massifs phloémiens, ph, répartis régulièrement en assises circulaires et qui évolueront simultanément en faisceaux de fibres. Au moment de l'étalement de la 5^e feuille (C), on observe, à la base de l'hypocotyle (2), trois anneaux de fibres phloémiennes, le premier étant primaire, fp, les deux autres secondaires, fs. Ils sont séparés par des assises de phloème secondaire, phf. A ce stade, l'assise de fibres primaires est présente dans la partie haute de la racine (1), dans tout l'hypocotyle (2-3) et, dans la tige, jusqu'à la base du deuxième entre-nœud (4). Lors de l'étalement de la 17^e feuille (D), les faisceaux fibreux de la base de l'hypocotyle (2) se groupent, en section transversale, en massifs triangulaires qui, radialement, comportent chacun successivement, depuis la limite du parenchyme cortical et jusqu'au cambium, au moins un faisceau de fibres primaires, fp, et plusieurs faisceaux, en nombre croissant, de chacune des assises de fibres secondaires mises en place, fs.

Lorsque la plante vieillit, le nombre d'assises fibreuses qui existent à un niveau déterminé augmentent d'une manière continue.

Ainsi (fig. 12), dans une plante de 3,75 m de hauteur, parvenue à la fin de son cycle de développement, au moment de la maturité des capsules, on dénombre, à la base de l'hypocotyle, une assise de fibres primaires, fs, et 16 assises de fibres secondaires, de 1 à 16.

L'anneau de fibres primaires possède l'extension longitudinale maximale. Il est seulement absent, au-dessous de la zone apicale, sur quelques millimètres.

La majeure partie du plant renferme donc des fibres phloémiennes. Notons que le nombre des assises de fibres secondaires s'accroît très rapidement lorsque l'on se rapproche de la base de l'hypocotyle. Remarquons aussi que les points du diagramme qui correspondent à la limite supérieure de différenciation des 17 assises de fibres phloémiennes se répartissent sur une courbe qui a une allure parabolique.

Étude, en microscopie électronique, de l'ontogénie des fibres phloémiennes dans l'hypocotyle et dans la tige

a. Ontogénie des fibres phloémiennes primaires à la base de l'hypocotyle

A la base de l'hypocotyle d'une plante âgée de 96 heures (fig. 13), le phloème primaire est fonctionnel. Quatre types cellulaires sont identifiables, en section longitudinale. Une première catégorie de cellules, parenchymateuses, dites P1, limite tangentiellement les sous-massifs phloémiens. Dans les sous-massifs, trois sortes de cellules peuvent être observées : des cellules criblées, tc, aux parois transversales percées de pores (flèche) ; des cellules compagnes contiguës, cc, aux extrémités effilées et au cytoplasme dense ; des éléments de parenchyme phloémien, PPh, de grande longueur et au cytoplasme pariétal.

Ces quatre types cellulaires sont identifiables dès la 4^e heure de germination, mais on n'observe les premières divisions cellulaires qu'à la 72^e heure.

Dans le phloème primaire situé à la base de l'hypocotyle d'une plante âgée de 96 heures (fig. 14), les cellules criblées, tc, qui évoluent le plus rapidement, sont déjà bien différenciées. On note surtout, en section longitudinale, la présence de pores, sur les parois transversales (doubles flèches) ou longitudinales (fig. 15, flèches épaisses), de mitochondries, mi, et de plastides amylofères volumineux (P et a).

Dans un cordon phloémien d'une plante âgée de 142 heures (fig. 16), et sectionné longitudinalement, 4 cellules criblées, tc, disposées côte à côte, renfer-

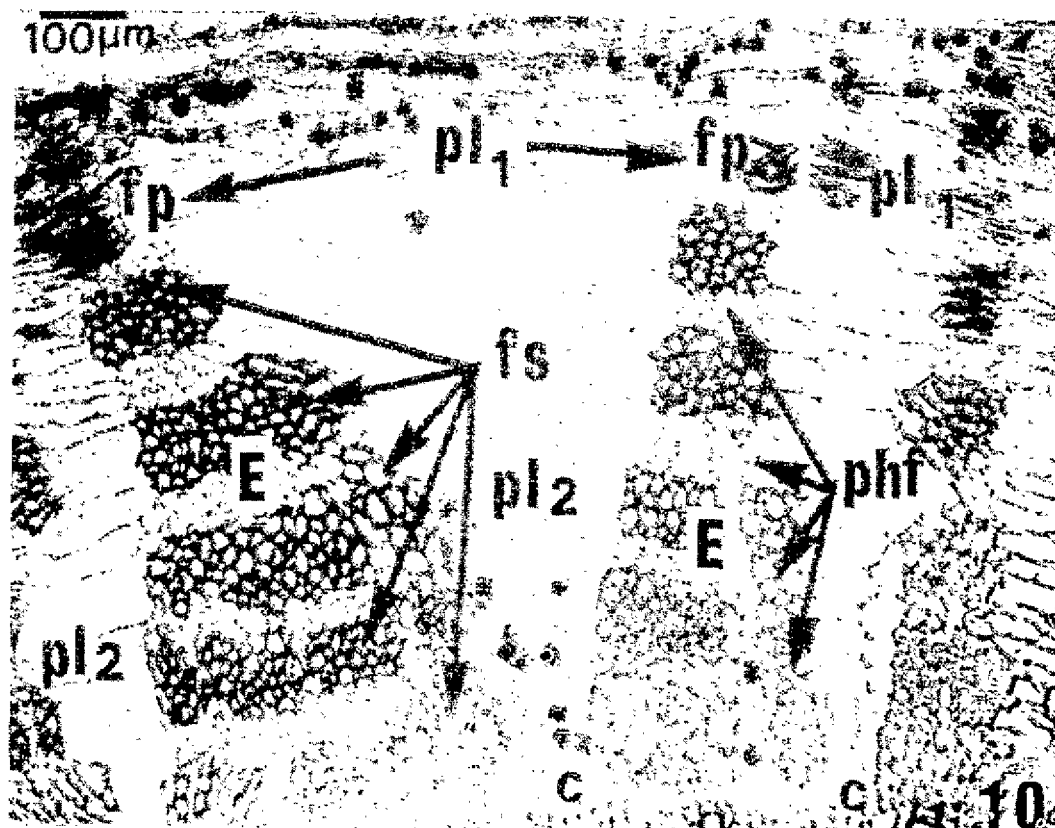
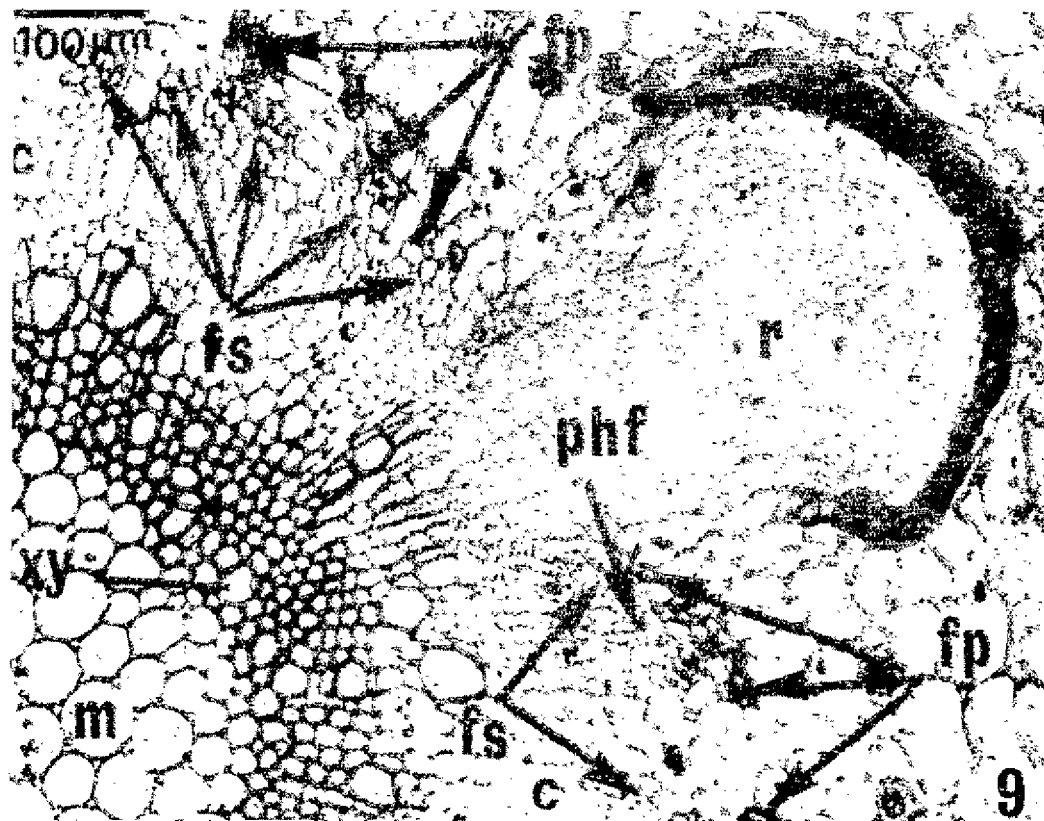
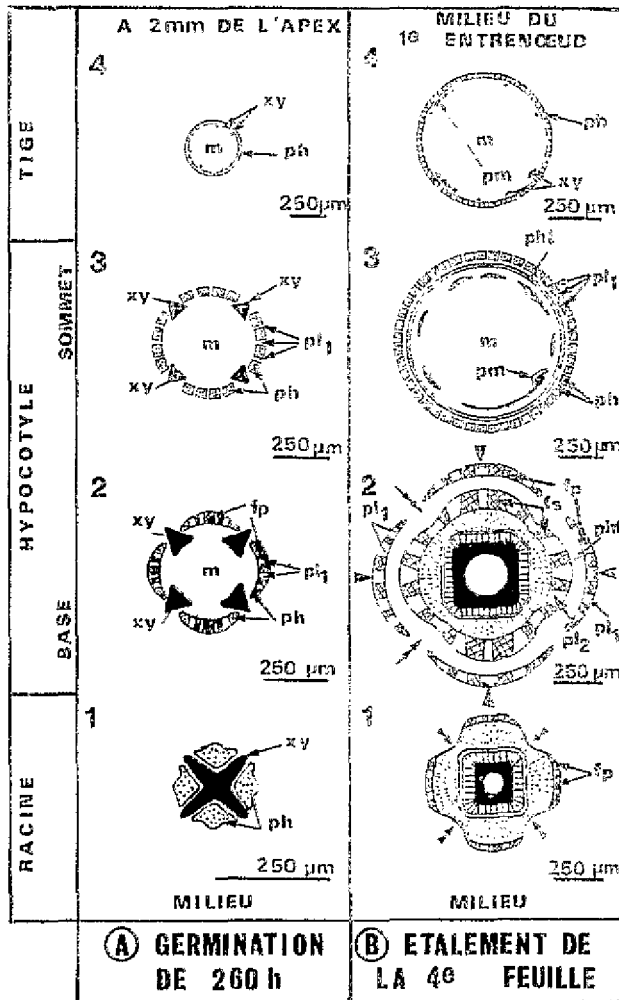


Fig. 11 : A et B.



EXPLICATION DE LA FIGURE 11, A, B, C et D

Représentation schématique du cylindre central dans la racine, dans l'hypocotyle et dans l'épicotyle et la tige, montrant l'évolution comparée du phloème et du xylème : sections transversales à différents niveaux dans les divers organes de la plante en fonction de l'âge de celle-ci. **fp** : fibres internes pérимédullaires ; **fs** : fibres phloémiques primaires ; **fs** : fibres phloémiques secondaires ; **m** : moelle ; **ph** : phloème primaire dont les sous-massifs se transformeront en faisceaux de fibres ; **phf** : phloème fonctionnel ; **pm** : parenchyme pérимédullaire ; **pl1** : parenchyme phloémien d'origine primaire ; **pl2** : parenchyme phloémien d'origine secondaire ; **xy** : xylème d'origine primaire.

Pour ne pas surcharger la figure, le phloème situé entre les faisceaux de fibres n'a pas été représenté par les signes conventionnels habituels et, en particulier, entre les faisceaux de fibres constituant les rangées fibreuses (C-D).

A. — Germination de 260 heures. Première phase de l'évolution du phloème : mise en place du phloème primaire ; formation des premières fibres primaires.

Racine et hypocotyle : le phloème, **ph**, constitue des massifs compacts (**A1**), ou divisés en sous-massifs (**A2-A3**). Le xylème, **xy**, occupe le centre du cylindre central dans la partie médiane de la racine. En direction de l'hypocotyle, il se sépare en 4 ou 5 branches qui ménagent entre elles une zone médullaire, **m**.

A la base de l'hypocotyle (**A2**), se forment les premiers faisceaux de fibres primaires, **fp** ; les sous-massifs phloémiques d'un même massif sont à des stades évolutifs différents. Ceux des extrémités des massifs demeurent encore cellulotiques, **ph**, les plus centraux étant déjà transformés en faisceaux de fibres, **fp**.

Au sommet de l'hypocotyle (**A1**), les cellules des sous-massifs phloémiques ont toutes encore des parois pectocellulosiques ; elles évolueront simultanément en fibres dans la plante plus âgée.

Épicotyle (**A3**) : le phloème, **ph**, peu différencié, forme un anneau continu superposé au xylème, **xy**, encore très réduit.

B. — Étalement de la 4^e feuille. Deuxième phase de l'évolution du phloème.

Racine et hypocotyle : le phloème secondaire se met en place (**B1, B2 et B3**) et forme les premiers faisceaux de fibres secondaires, **fs**, à la base de l'hypocotyle (**B2**).

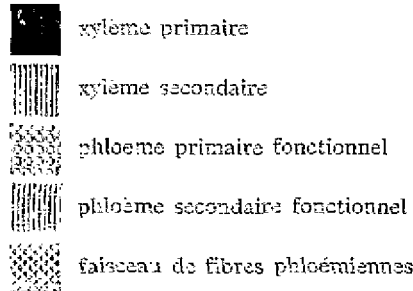
Au sommet de l'hypocotyle et dans la tige (**B3 et B4**), le phloème est disposé en couches circulaires et tous les sous-massifs qu'il différencie évolueront simultanément. Noter la présence de parenchyme pérимédullaire, **pm**, au sommet de l'hypocotyle (**B3**) et dans la tige (**B4**).

C. — Étalement de la 5^e feuille. Troisième phase de l'évolution du phloème.

Racine et base de l'hypocotyle (**C1 et C2**). Construction de plusieurs assises de phloème secondaire : à leur niveau se forment des faisceaux de fibres secondaires, **fs**. A la base de l'hypocotyle (**C2**), les faisceaux de fibres primaires, **fp**, et secondaires, **fs**, constituent radialement des rangées fibreuses.

Sommet de l'hypocotyle et tige (base du 2^e entrenœud), (**C3 et C4**) : les cellules des sous-massifs du phloème primaire se transforment simultanément en fibres, **fp**. Leur différenciation maximale est déjà atteinte au sommet de l'hypocotyle (**C3**). A la base du 2^e entrenœud (**C4**), le processus de lignification débute seulement.

(Suite page suivante)



D. — Etalement de la 17^e feuille. Quatrième phase de l'évolution du phloème (D₄).
 Racine (D₁) : noter, à ce stade, l'existence d'une assise externe de fibres primaires, fp, et d'une assise de fibres secondaires, fs.
 Base de l'hypocotyle (D₂) : les rangées fibreuses associées ont formé des massifs en forme de triangle.
 Sommet de l'hypocotyle (D₃) : les faisceaux de fibres se groupent radialement en rangées fibreuses (3^e étape de l'évolution du phloème). Noter la présence de fibres internes, fi.
 Tige (D₄) : sommet du 5^e entrenœud, après la formation de la première assise de fibres externes primaires, fp, et des fibres internes périlmédullaires, fi.

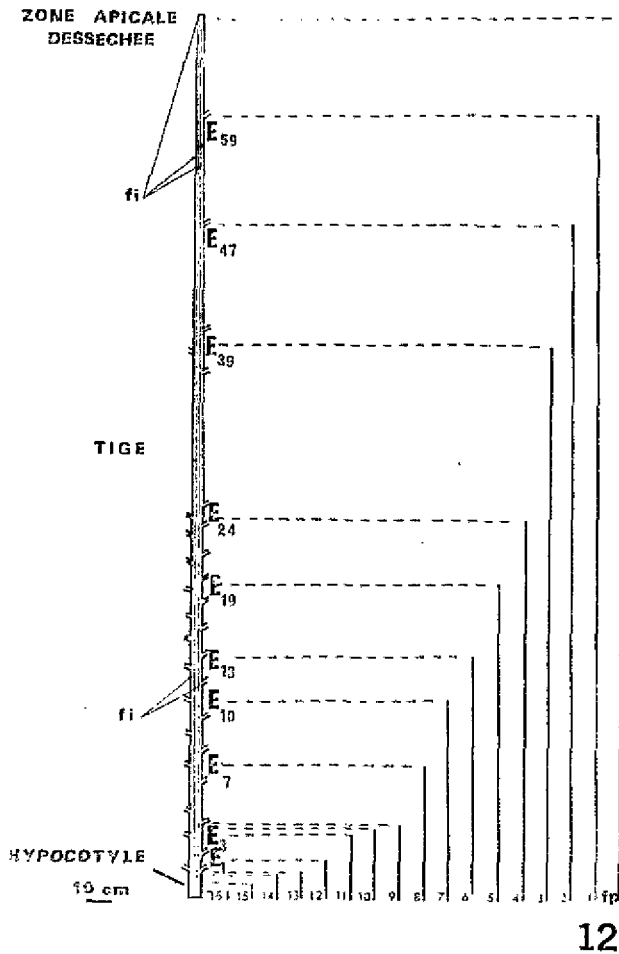
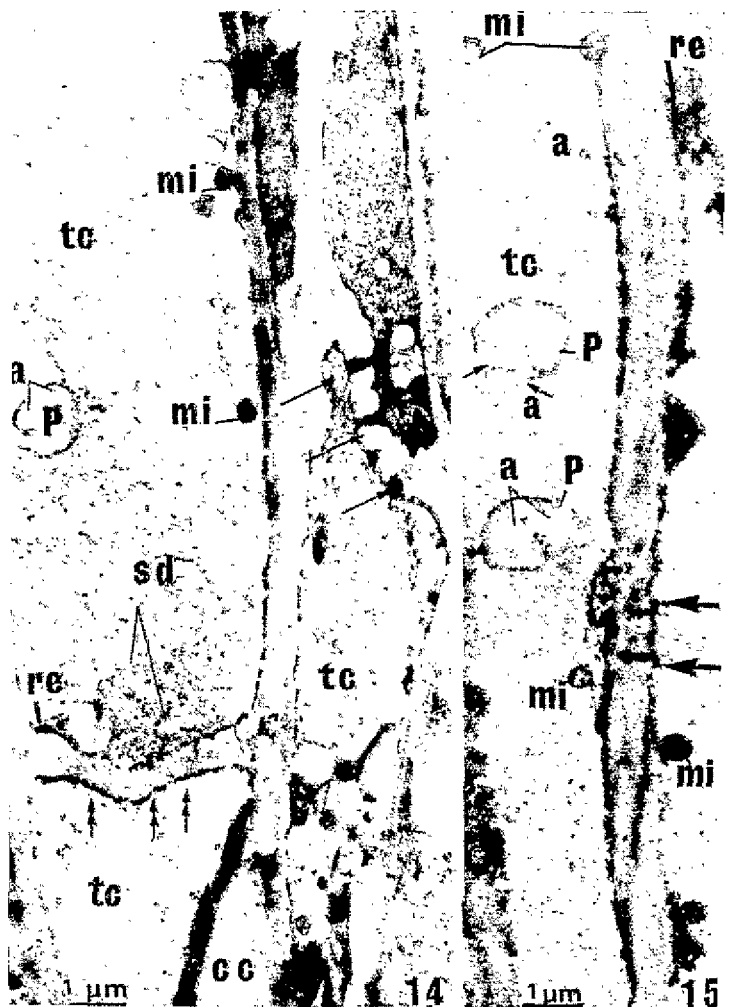
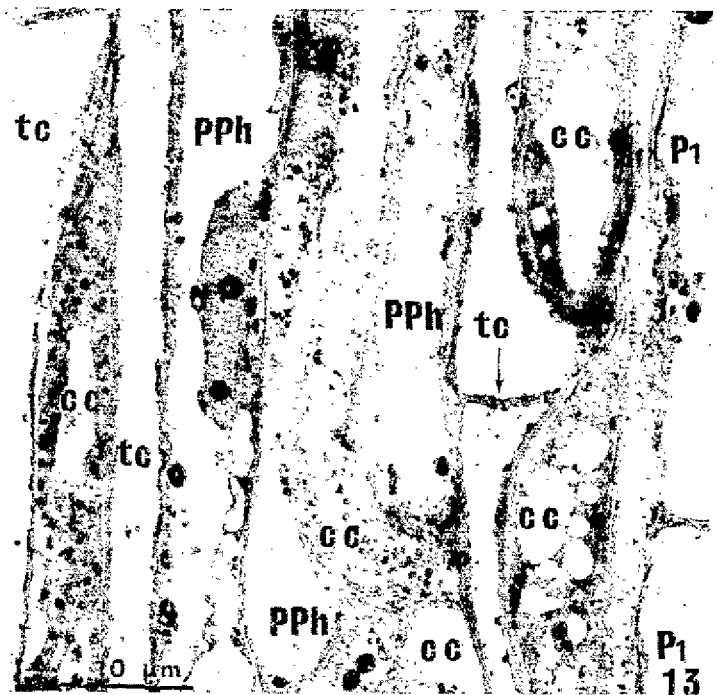


Fig. 12. — Diagramme montrant la répartition des assises fibreuses dans les organes aériens (hypocotyle et tige) d'une plante de 3.75 m de hauteur, parvenue à la fin de son cycle de développement, au moment de la maturité des capsules.

L'extension longitudinale des assises fibreuses est représentée par un trait vertical dont le sommet correspond à la limite supérieure de différenciation des fibres de l'assise intéressée dans l'organe considéré (tirets). Les assises fibreuses d'origine primaire sont indiquées par : fp : fibres externes phloémiennes ; fi : fibres internes périlmédullaires.

Les assises fibreuses d'origine secondaire sont déterminées par un numéro (de 1 à 16) qui correspond à leur ordre de formation et qui figure à la base et à la gauche du trait vertical qui les représente.

Depuis l'hypocotyle jusqu'à la zone apicale, les numéros des entrenœuds, E1 à E59, sont comptés à partir de l'insertion des cotylédons.



ment des amyloplastés, P, et des filaments protéiques, sd, disséminés dans le hyaloplasme dégénéré. Des cellules criblées sont écrasées par suite du développement des éléments de parenchyme phloémien des sous-massifs, ppl, et des cellules compagnes, cc. Ces deux types cellulaires sont, en effet, en voie de différenciation, alors que les cellules criblées ont déjà terminé leur évolution et ne vont pas tarder à disparaître, après la naissance des fibres.

Seules, les cellules de parenchyme phloémien des sous-massifs et les cellules compagnes se transforment en fibres mais, avant de parvenir à ce terme ultime de leur évolution, elles se différencient selon un modèle caractéristique de chaque type cellulaire.

1. La différenciation des cellules de parenchyme phloémien des sous-massifs

Dans le phloème primaire d'une plante âgée de 72 heures (fig. 17), une cellule de parenchyme phloémien d'un sous-massif est au début de son évolution. Le cytoplasme est riche en profils réticulaires, re, en mitochondries, mi, peu structurées mais d'assez grandes dimensions, et en plastés amylières, P et a. Dans une cellule de parenchyme phloémien d'une plante âgée de 80 heures (fig. 18), le réticulum endoplasmique, re, se dispose localement en nappes. Les plastés amylières, P, et les mitochondries, mi, sont toujours abondants, de même que les dictyosomes, di, qui n'émettent qu'une seule catégorie de petites vésicules, vg. Les ribosomes, r, se groupent sur des profils réticulaires. Jusqu'à la fin de leur vie, les cellules de parenchyme phloémien des sous-massifs conservent une structure nucléaire intacte. Dans une cellule de parenchyme phloémien très différenciée (fig. 19), à la 96^e heure de germination, le noyau, N, est devenu amiboïde; son contenu est uniquement constitué de chromatine dispersée. La membrane nucléaire est fréquemment rompue et forme de petites vésicules, ve, à partir de son feuillet externe (fig. 20, ve).

L'association fonctionnelle de vésicules golgiennes et de corps multivésiculaires aboutit à la construction de la paroi secondaire polysaccharidique.

Dans une cellule de parenchyme phloémien d'une plante âgée de 100 heures (fig. 21), l'élaboration pariétale secondaire nouvellement constituée forme un réseau de fines fibrilles cellulotiques (flèches) positives à la réaction au protéinate d'argent.

Ultérieurement, la paroi secondaire poursuit sa différenciation, puis elle se lignifie. Cette dernière étape est identique pour les éléments de parenchyme phloémien des sous-massifs et pour les cellules compagnes.

2. La différenciation des cellules compagnes

Ces éléments phloémiens peuvent suivre deux modes de différenciation: l'une, banale et rapide, est comparable à celle des cellules de parenchyme phloémien des sous-massifs. L'autre, plus lente, s'effectue en trois phases principales.

Au tout début de la première phase, les différences d'évolution des cellules compagnes sont remarquables. Dans un cordon phloémien d'une plante âgée de 72 heures (fig. 22), une section longitudinale pratiquée à la base de l'hypocotyle présente trois cellules compagnes très dissemblables. La cellule située à gauche de la figure, bien que très vacuolisée, possède un cytoplasme dense. La cellule du centre, dont la densité hyaloplasmique est la plus faible, renferme quelques vacuoles, V, des mitochondries, mi, et des plastés, P. Des profils réticulaires, re, sont également présents, ainsi que des microtubules, mt. Les parois transversales de ces deux cellules, d'épaisseur variable, sont nettement obliques: par contre, la cellule située à droite montre une paroi transversale horizontale et fine (flèche épaisse), un très gros noyau, N, et des plastés amylières volumineux, P.

Au cours de la seconde phase de la différenciation, dans des cellules compagnes du phloème de plantes âgées de 90 heures, la densité hyaloplasmique diminue. Les ribosomes sont essentiellement groupés en polysomes. Les plastés, de dimensions variables, montrent, comme les mitochondries, de nombreuses constriction. On n'observe que très rarement des lamelles intraplastidiales isolées (fig. 23, P et flèche double). Les dictyosomes (fig. 23) se groupent en «aires golgiennes», G, entourées d'auréoles vésiculaires, vg; certaines vésicules, de grandes dimensions, vg et flèches épaisses, proviennent de la fusion d'éléments au contenu clair. Le noyau, N, amiboïde, volumineux, conserve encore les deux types de chromatine, condensée, chr, et dispersée. Les mitochondries, mi, ont désormais un stroma clair, de même que les plastés, P. Le réticulum endoplasmique, re, très dilaté, forme localement des profils abondants.

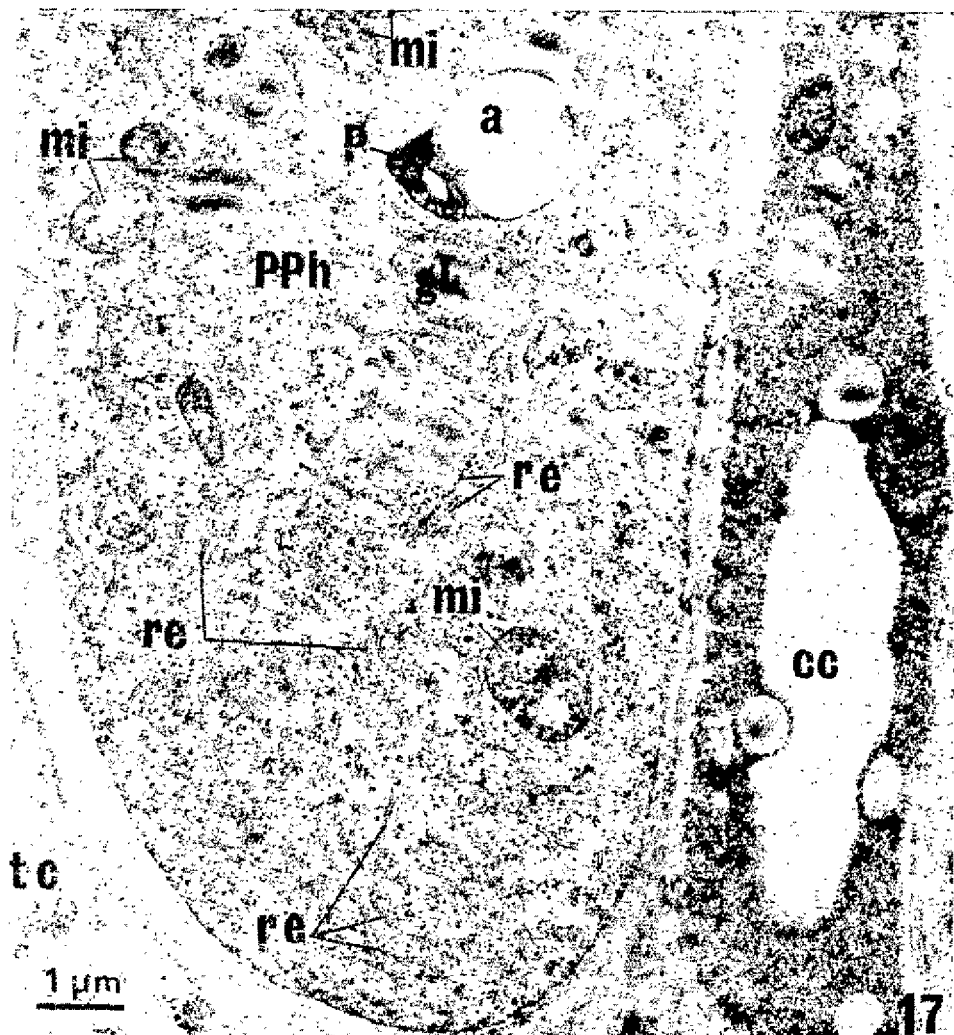
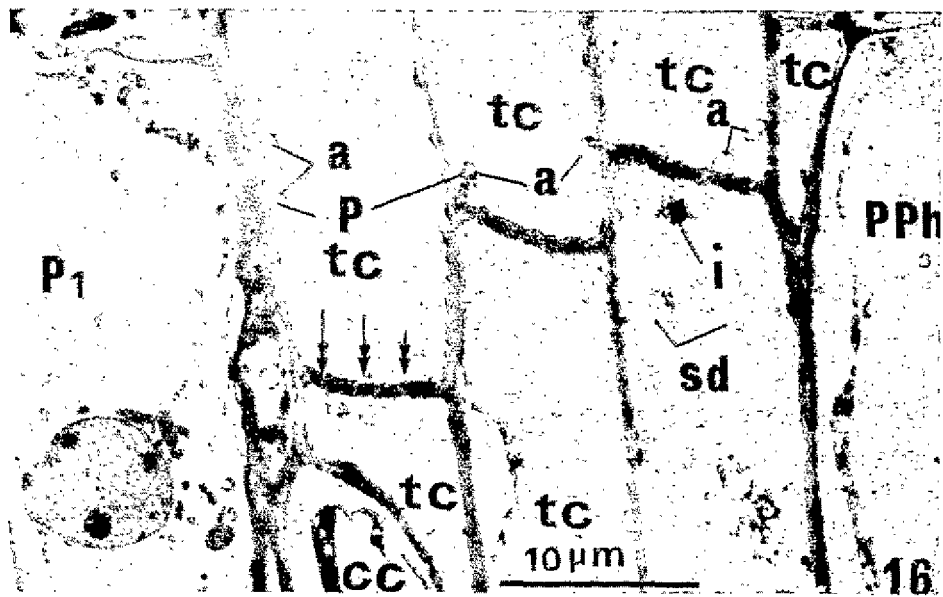
La troisième phase de la différenciation des cellules compagnes débute dans le phloème de plantes âgées de 96 heures.

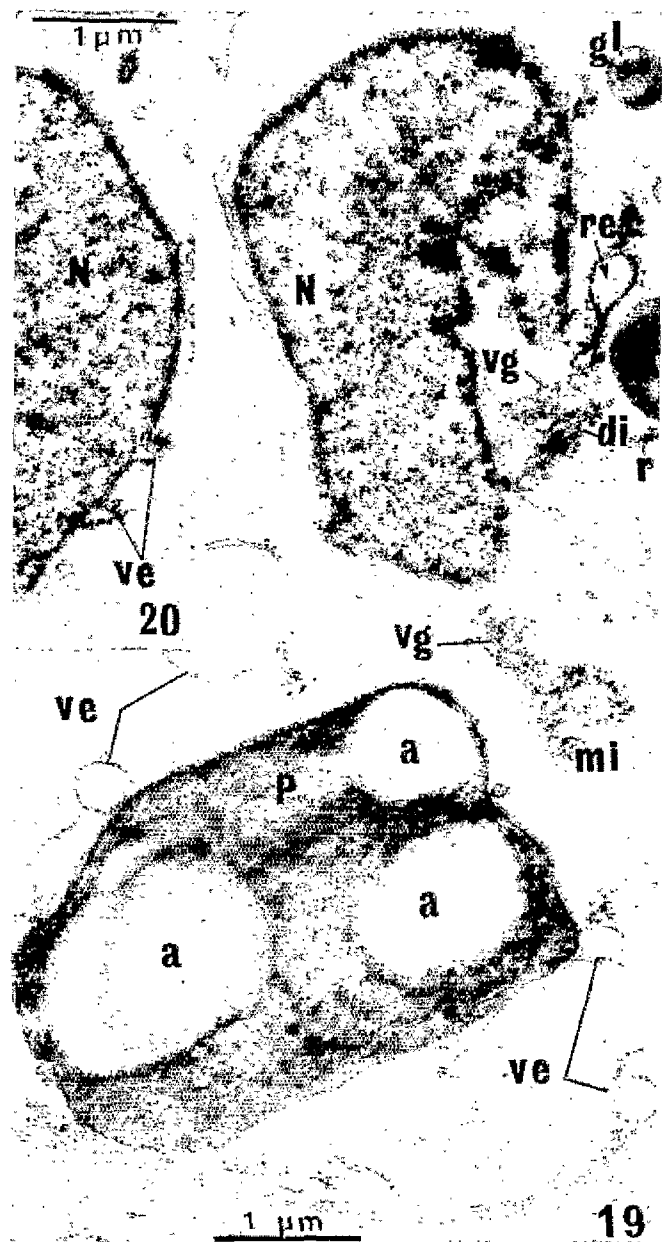
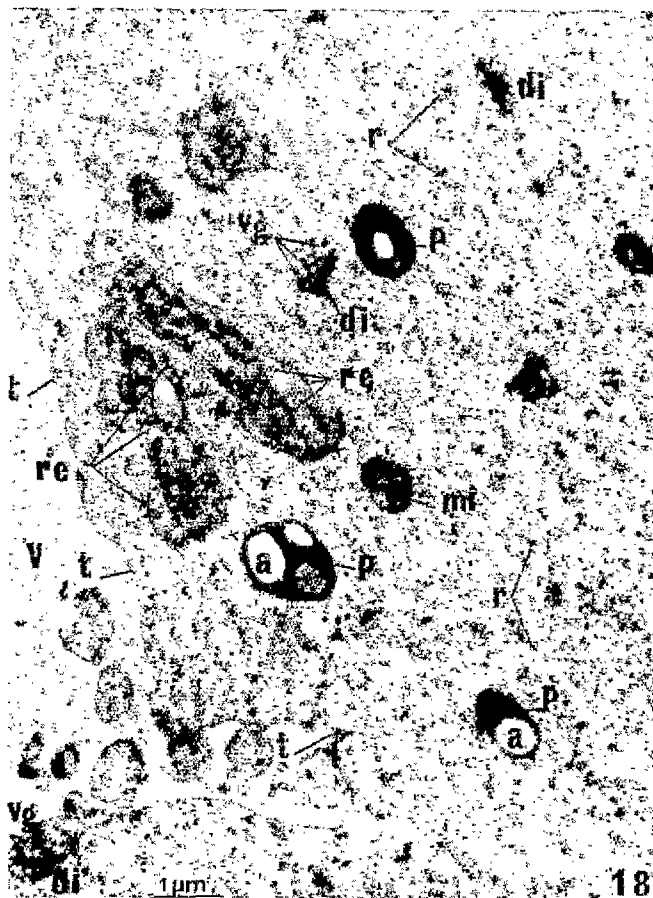
La paroi secondaire se constitue à partir de substances polysaccharidiques élaborées par plusieurs types de vésicules dictyosomales et par diverses formations membranaires.

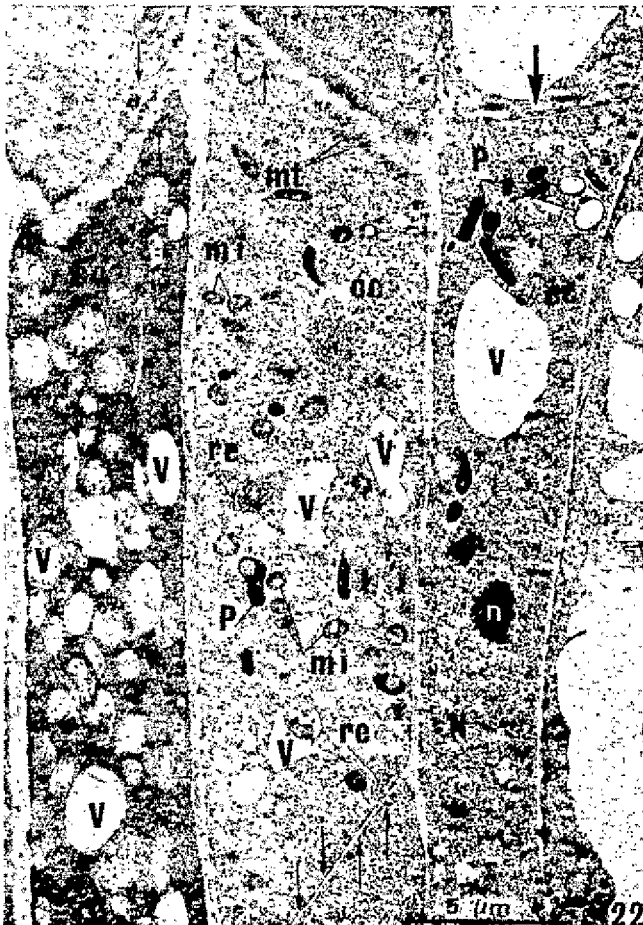
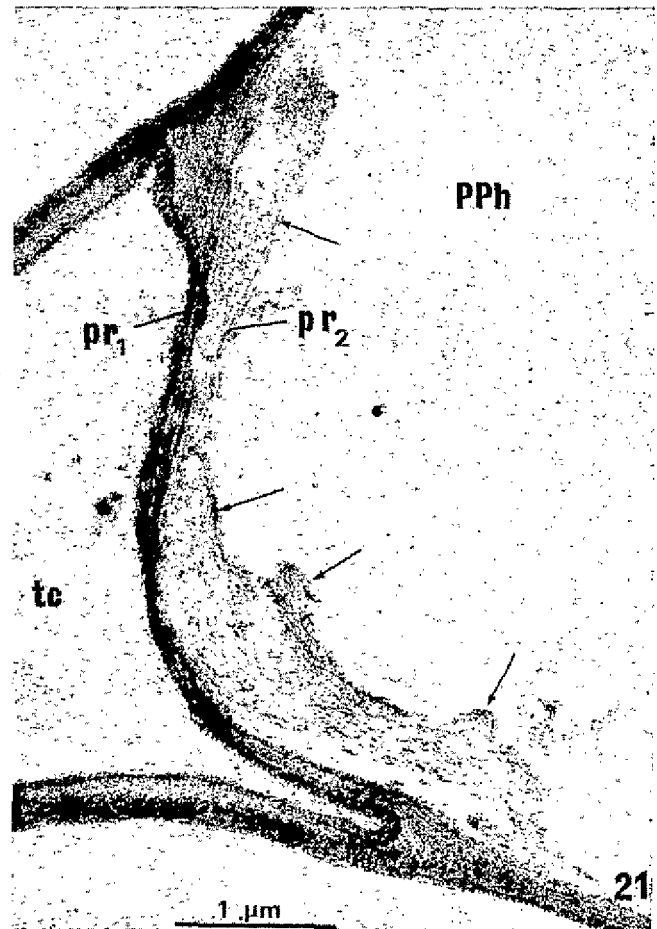
Dans les cellules compagnes, comme dans celles du parenchyme phloémien des sous-massifs, la paroi secondaire nouvellement mise en place est exclusivement polysaccharidique. Elle se forme à 100 heures de germination dans les cellules de parenchyme phloémien des sous-massifs et à 120 heures dans les cellules compagnes. Elle se lignifie, dans les deux cas, à la 200^e heure.

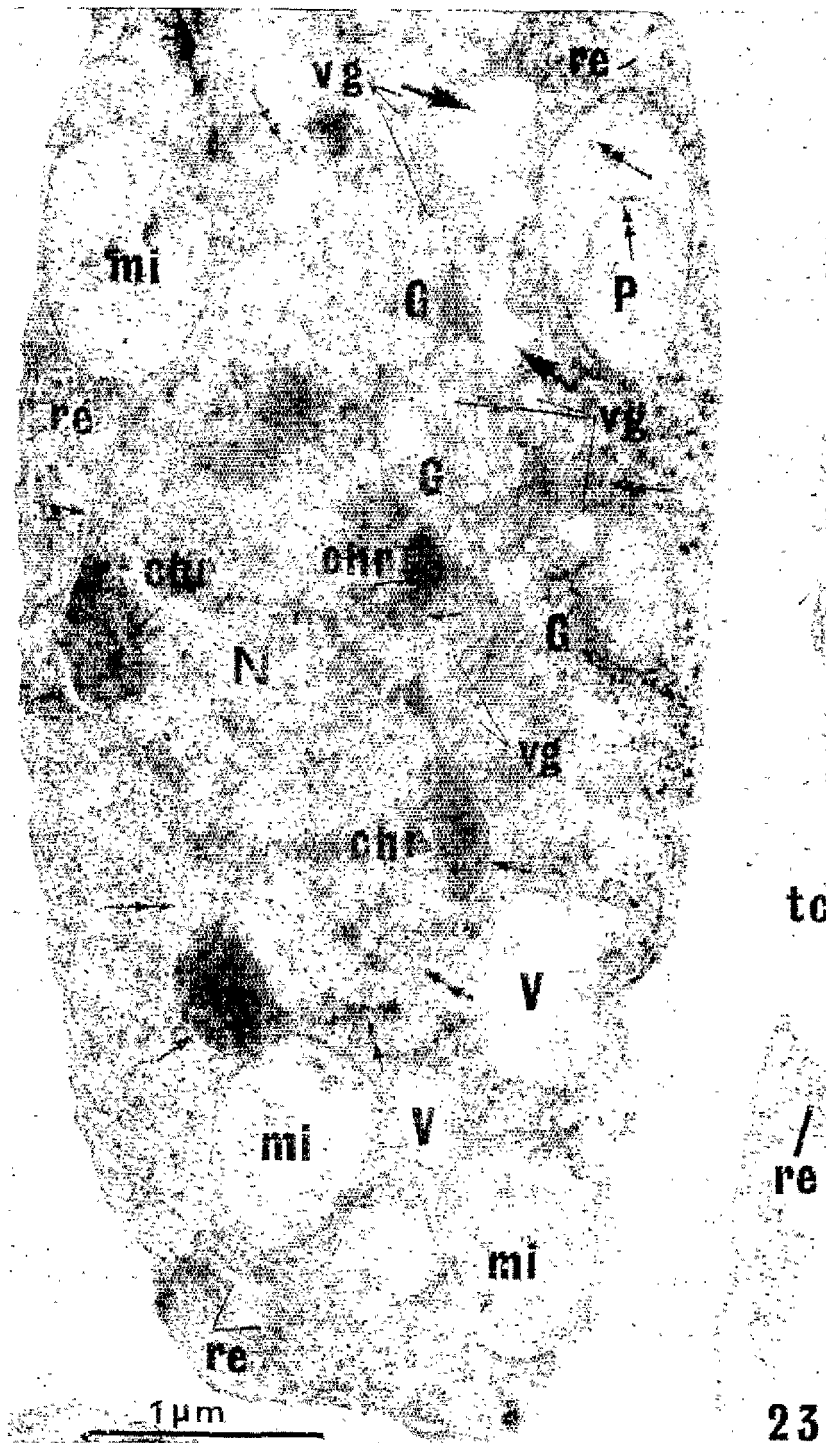
Des modifications chimiques importantes interviennent donc à la 200^e heure. Entre la mise en place et la lignification, l'épaisseur de la paroi secondaire demeure pratiquement constante. Elle n'augmente qu'après la lignification et au cours de son vieillissement. La fibre textile n'est différenciée que lorsque la paroi secondaire est épaisse et bien lignifiée.

Les fibres phloémiennes primaires (fig. 24, fp), examinées en section longitudinale tangentielle, à la base de l'hypocotyle d'une plante âgée de 260 heures, possèdent des parois lignifiées primaires, pr1, et secondaires, pr2, qui ont respectivement 0,2 et 1 µm









23



24

d'épaisseur. On remarque l'association caractéristique dite « intrusive » et les extrémités effilées des fibres. On note également la disparition presque totale du contenu cytoplasmique. Ces fibres sont donc des éléments morts. Et pourtant, certaines cellules compagnes qui se transforment en fibres renferment encore un noyau et un cytoplasme dense. La lignification s'effectue, dans ce cas, à un stade juvénile par un phénomène d'induction au contact de fibres phloémiennes lignifiées. Ainsi, dans le phloème primaire d'une plante âgée de 260 heures (fig. 25), une cellule compagne est revêtue d'une paroi secondaire lignifiée, pr2. Elle possède, dans un cytoplasme dégénéré, des plastides, P, et du réticulum endoplasmique, re, parfaitement reconnaissables.

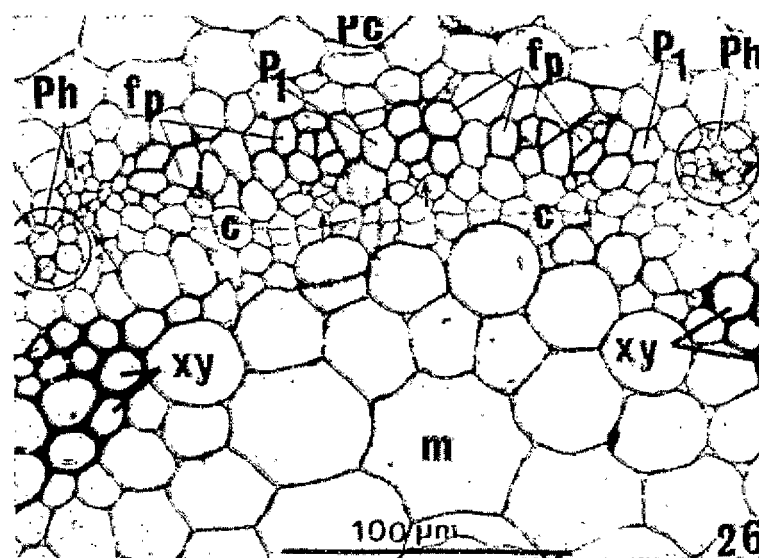
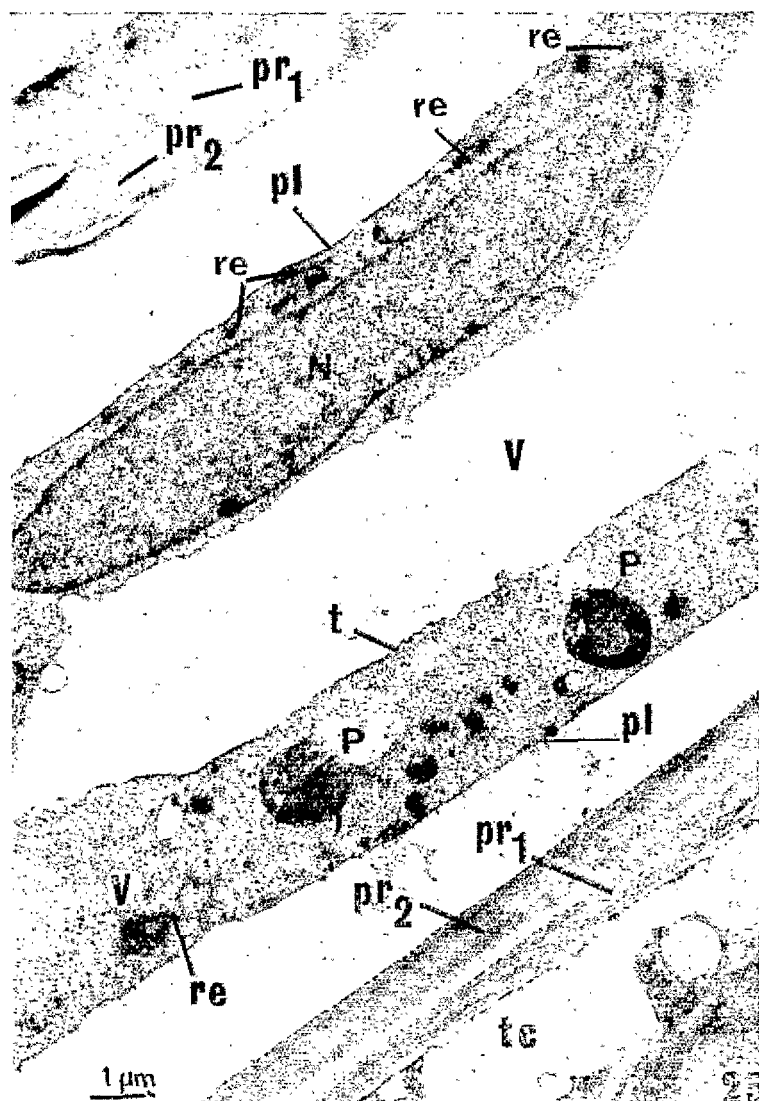
Le plasmalemme, pl, et le tonoplaste, t, conservent leur intégrité. Il en est de même du noyau, N, uniquement constitué de chromatine dispersée. Cette fibre est donc une cellule vivante. Néanmoins, la mort interviendra toujours, à brève échéance, après la lignification. Une section transversale effectuée à la base de l'hypocotyle d'une plante âgée de 260 heures (fig. 26), montre que, dans les sous-massifs centraux, les cellules phloémiennes les plus proches du parenchyme cortical, Pc, donnent, les premières, naissance à des fibres, fp. Celles qui sont situées au contact du cambium, c, demeurent plus longtemps cellulodiques (flèches).

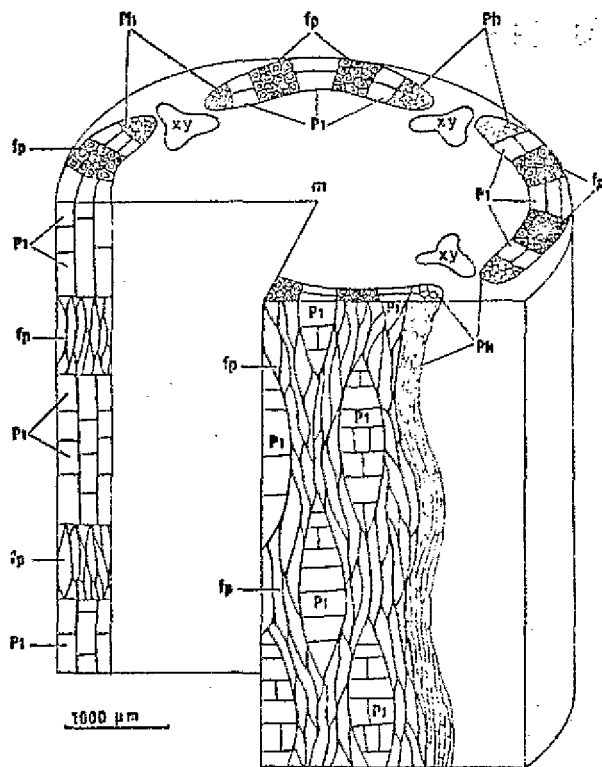
La différenciation des fibres progresse, d'autre part, latéralement vers les extrémités du massif phloémien ; elle se poursuit également vers la racine, vers la partie haute de l'hypocotyle et vers la tige. En coupe longitudinale tangentielle (fig. 27), les faisceaux anastomosés de fibres phloémiennes primaires, fp, forment un réseau dense entre les mailles duquel les îlots de cellules P1 dessinent des figures losangiques. En section radiale, on note l'alternance des faisceaux de fibres et des îlots de parenchyme phloémiens P1, alternance due au cheminement longitudinal sinusoïdal des faisceaux de fibres. L'ensemble des faisceaux de fibres primaires constitue une gaine fibreuse cylindrique extrêmement dense (fig. 28) qui assure la rigidité de l'hypocotyle.

b. Ontogénie des fibres phloémiennes dans la tige

Une section transversale pratiquée au sommet du 30^e entre-nœud d'une plante ayant acquis 40 feuilles (fig. 29), présente l'organisation du phloème primaire fonctionnel, le numéro des entre-nœuds étant compté à partir de l'insertion des cotylédons. Protophloème, Prh, et métaphloème, mPh, se suivent sans discontinuité. De grandes cellules P1, alignées radialement, séparent deux sous-massifs phloémiens. Dans les sous-massifs, on reconnaît les cellules criblées, ccr, de grandes dimensions, les cellules compagnes voisines, cc, et les éléments de parenchyme phloémien des sous-massifs, PPh. Les cellules criblées, ccr (fig. 30 et fig. 31) possèdent des parois transversales percées de pores, po, qui ont 0,2 µm de diamètre et sont entourés d'une mince couche de callose, ca, non réactive à la méthode de THURV. Une section transversale effectuée dans un sous-massif phloémien (fig. 32) montre l'association caractéristique des cellules criblées, ccr, des cellules compagnes, cc, et des éléments

de parenchyme phloémien des sous-massifs, PPh. Un faible grandissement présente (fig. 33), en section longitudinale, les cellules criblées, ccr, qui semblent vides de tout contenu, et les cellules compagnes contiguës, cc, de même longueur qu'elles, mais au cytoplasme très dense. Les éléments de parenchyme phloémiens des sous-massifs, PPh, ont des parois transversales horizontales (flèches). Les éléments P1 se reconnaissent à leur forme isodiamétrique. Dans la partie haute du 29^e entre-nœud (fig. 35), les cellules de parenchyme phloémien des sous-massifs, très différenciées, mettent en place une paroi secondaire lignifiée, pr2, et se transforment en fibres, fp. Il en est de même des cellules compagnes (fig. 36, cc) dont le cytoplasme, encore abondant, est en voie de dégénérescence. Par suite du développement du volume des fibres, les cellules criblées avoisinantes, ccr, sont écrasées et deviennent méconnaissables. Dans la partie médiane du 29^e entre-nœud (fig. 37), toutes les cellules des sous-massifs protophloémiens, sectionnées longitudinalement, possèdent d'épaisses parois lignifiées et se transforment en fibres, fp. L'examen comparé des cellules phloémiennes, avant (fig. 34) et après la mise en place de la paroi secondaire lignifiée (fig. 38), met en évidence la croissance intrusive et l'allongement considérable des fibres. En début d'évolution (fig. 34), les cellules mères des fibres sont limitées longitudinalement par des parois transversales horizontales pour les cellules de parenchyme phloémien des sous-massifs (fig. 34, PPh et flèches fines) ou par des extrémités pointues pour les cellules compagnes (fig. 34, cc et doubles flèches). Par contre, après la lignification (fig. 38), les extrémités des fibres sont toujours très effilées et très éloignées l'une de l'autre (fig. 38, tirets et flèches courbes), comme si chaque cellule s'était allongée à partir et au-delà de l'ancienne paroi commune. Une section transversale effectuée dans la partie haute du 28^e entre-nœud (fig. 39) montre que l'assise de fibres phloémiennes primaires, fp, est construite à la fois par l'ensemble des massifs du protophloème, Prh, et par la zone externe du métaphloème, mPh. En effet, les cellules métaphloémiennes les plus proches des formations secondaires demeurent fonctionnelles, alors qu'elles évoluent en fibres dans l'hypocotyle. Des cellules de phloème secondaire, cytologiquement identiques à celles du phloème primaire, se sont mises en place à partir du cambium, c. Elles se groupent en sous-massifs qui sont séparés latéralement par des cellules de parenchyme phloémien, P2. Les sous-massifs s'organisent aussi en assises circulaires et à leur niveau les premières fibres secondaires, fs, prennent naissance. Comme celles du phloème primaire, elles proviennent exclusivement des cellules compagnes et des éléments du parenchyme phloémien des sous-massifs. Dans un même sous-massif de phloème secondaire, la lignification ne suit pas l'ordre de mise en place et de différenciation des cellules phloémiennes. Ainsi, dans le sous-massif entouré d'un cercle sur la figure 41, les éléments secondaires les premiers constitués et proches du métaphloème, mPh, sont transformés en fibres, fs. Il en est de même des cellules, mises en place les dernières, qui sont situées au voisinage du cambium, c. Par contre, les cellules de phloème secondaire comprises entre ces deux îlots de fibres ont encore des parois non épaissies. Dans le phloème





27

Fig. 28. — Représentation schématique, dans l'espace, de l'ensemble du phloème primaire à la base de l'hypocotyle, d'une plante âgée de 260 heures, après la formation des premières fibres primaires.

Quatre massifs de phloème primaire, divisés eux-mêmes en sous-massifs, alternent avec le xylème, xy, disposé en quatre massifs triangulaires.

Les cellules des sous-massifs centraux ont des parois lignifiées. Ces sous-massifs constituent des faisceaux de fibres, fp.

Les cellules des sous-massifs périphériques, Ph, ont encore des parois pectocellulosiques non lignifiées.

Les cellules du parenchyme phloémien du type P₁, à parois pectocellulosiques, séparent les sous-massifs phloémiens dont les cellules sont déjà transformées en fibres, pour la plupart des sous-massifs, ou ont encore des parois pectocellulosiques, pour les sous-massifs situés aux deux extrémités de chaque massif phloémien.

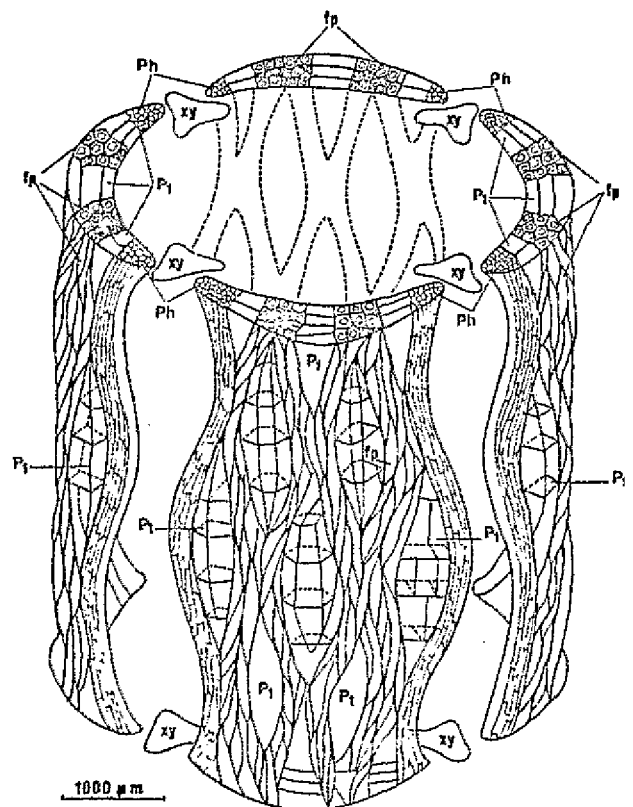
Longitudinalement, l'ensemble des formations fibreuses du phloème primaire constitue des réseaux dans lesquels les faisceaux de fibres suivent un cheminement sinueux.

Fig. 27. — Représentation schématique, dans l'espace, du cylindre central à la base de l'hypocotyle d'une plante âgée de 260 heures.

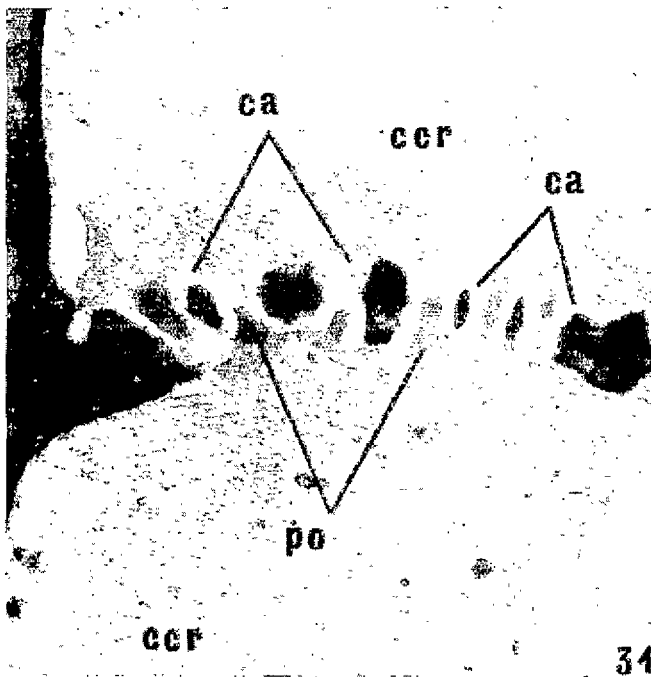
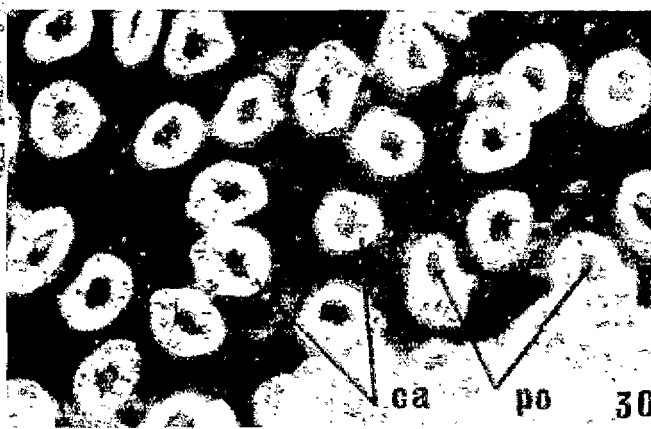
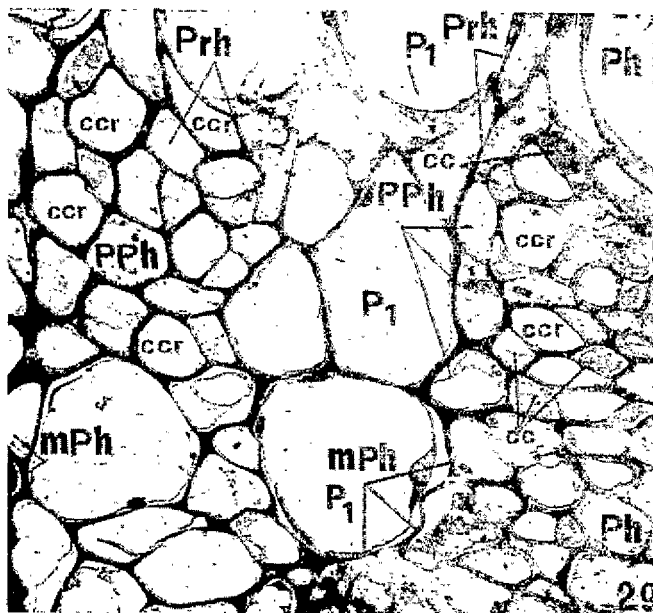
La section transversale montre quatre massifs phloémiens dans lesquels les cellules des sous-massifs centraux ont des parois lignifiées; ces sous-massifs forment les faisceaux de fibres primaires, fp; les sous-massifs périphériques possèdent des cellules aux parois encore uniquement pectocellulosiques, Ph.

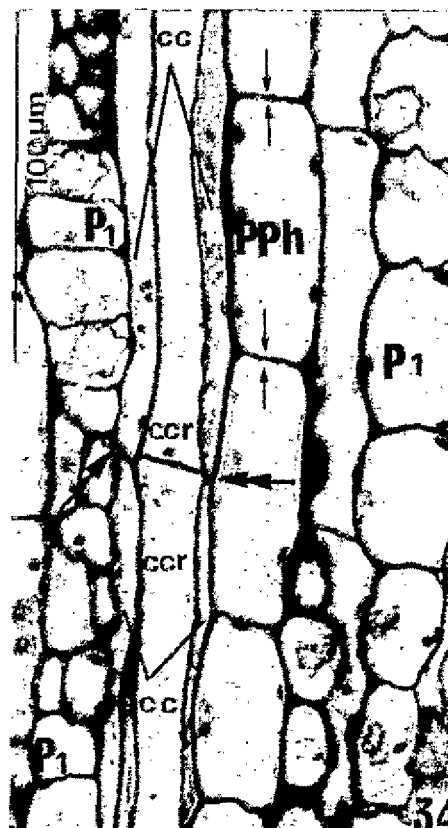
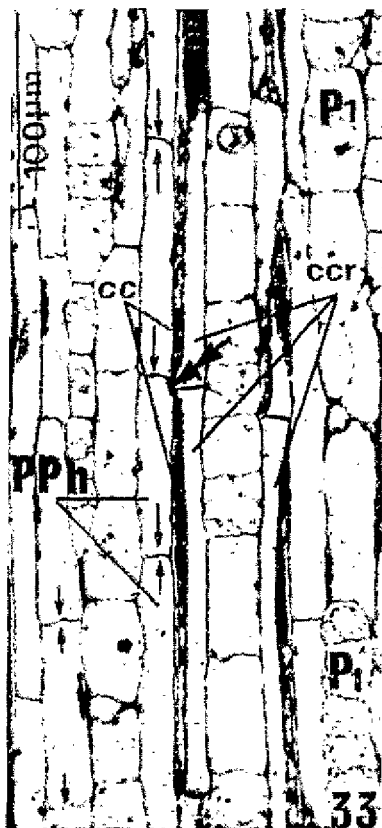
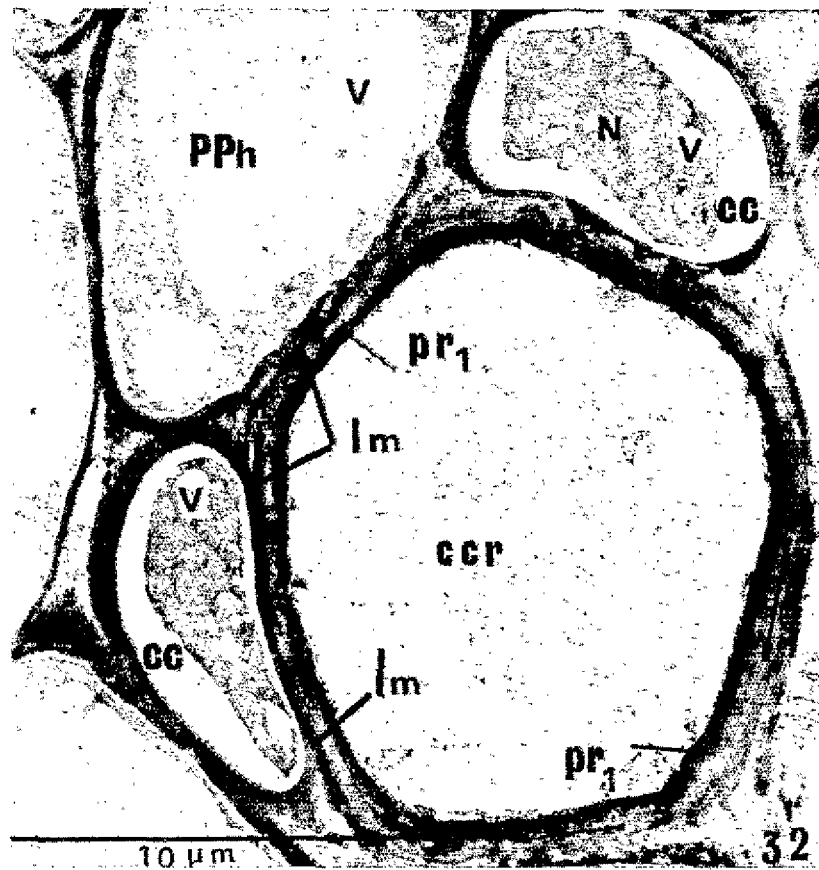
La section longitudinale tangentielle : réalisée au niveau d'un massif phloémien, décèle l'association longitudinale des « sous-massifs », ou faisceaux de fibres primaires, fp, séparés localement par des îlots de parenchyme phloémien du type P₁, aux parois pectocellulosiques. Les cellules phloémiennes des sous-massifs périphériques, Ph, ont des parois fines, non lignifiées.

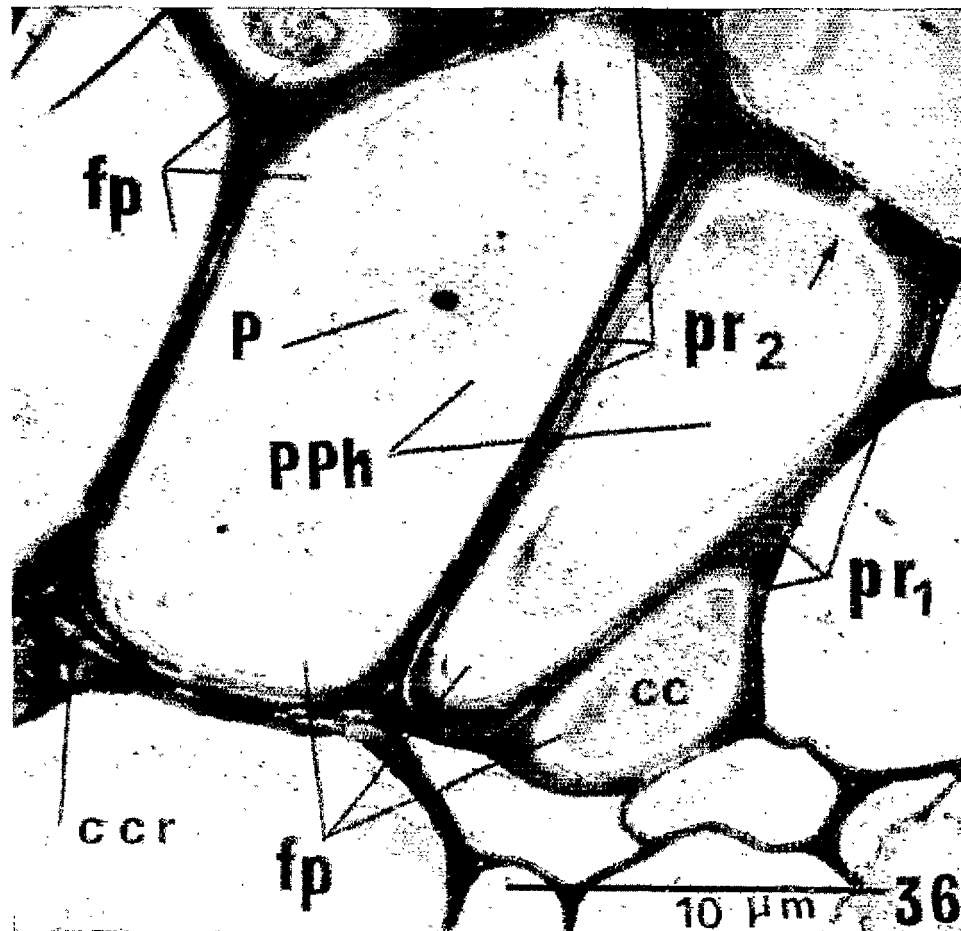
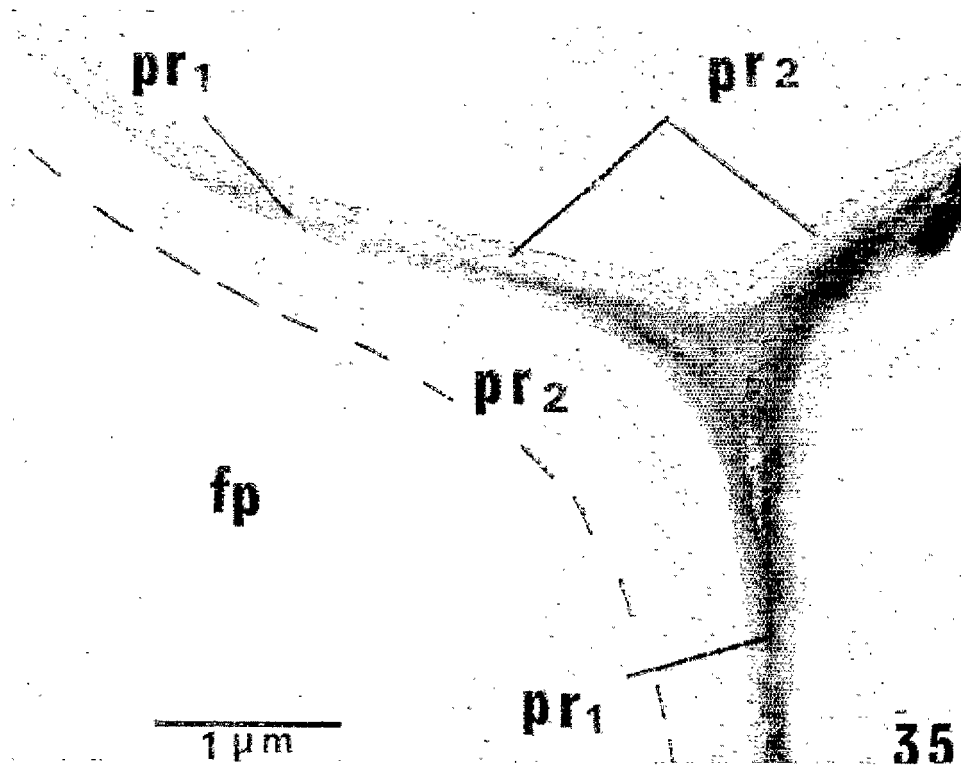
La section longitudinale radiale : passant au centre d'un massif phloémien, fait apparaître l'alternance régulière des îlots de parenchyme phloémien de type P₁ et des faisceaux de fibres, fp, alternance due au cheminement longitudinal des faisceaux de fibres en forme de sinusoides.



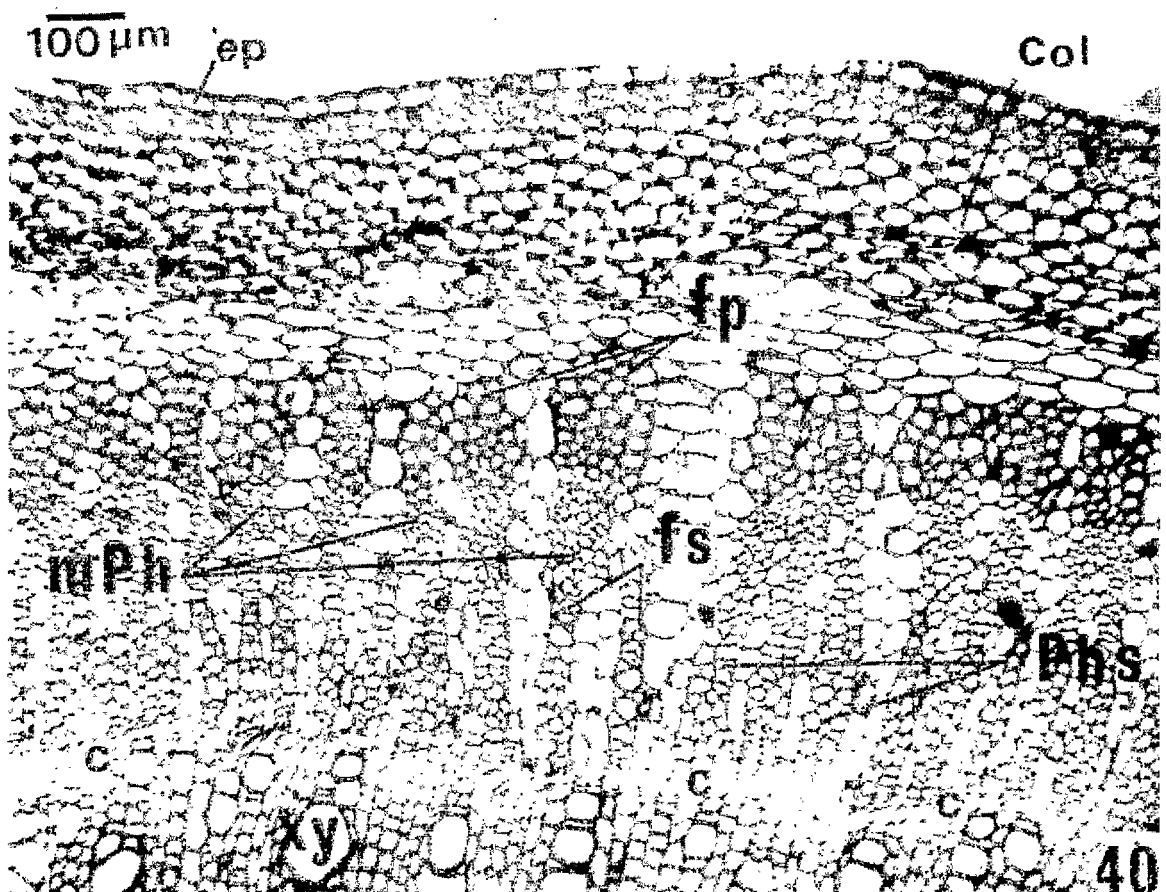
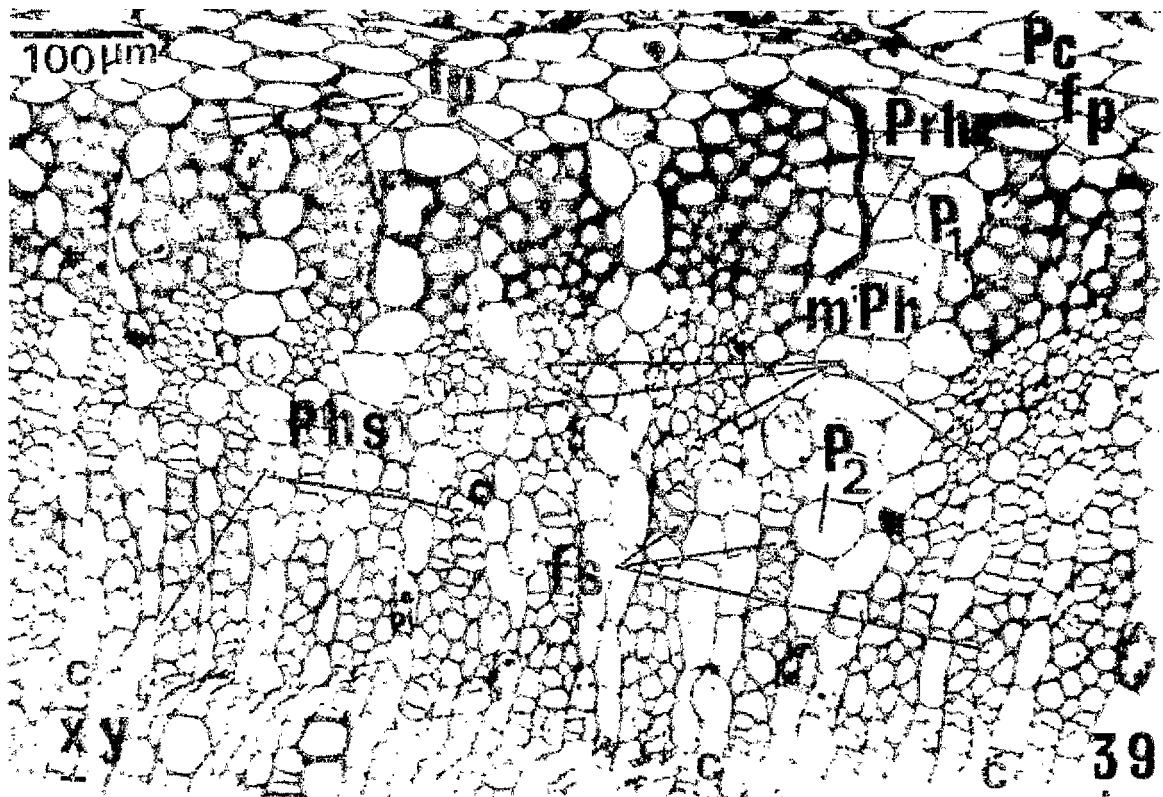
28

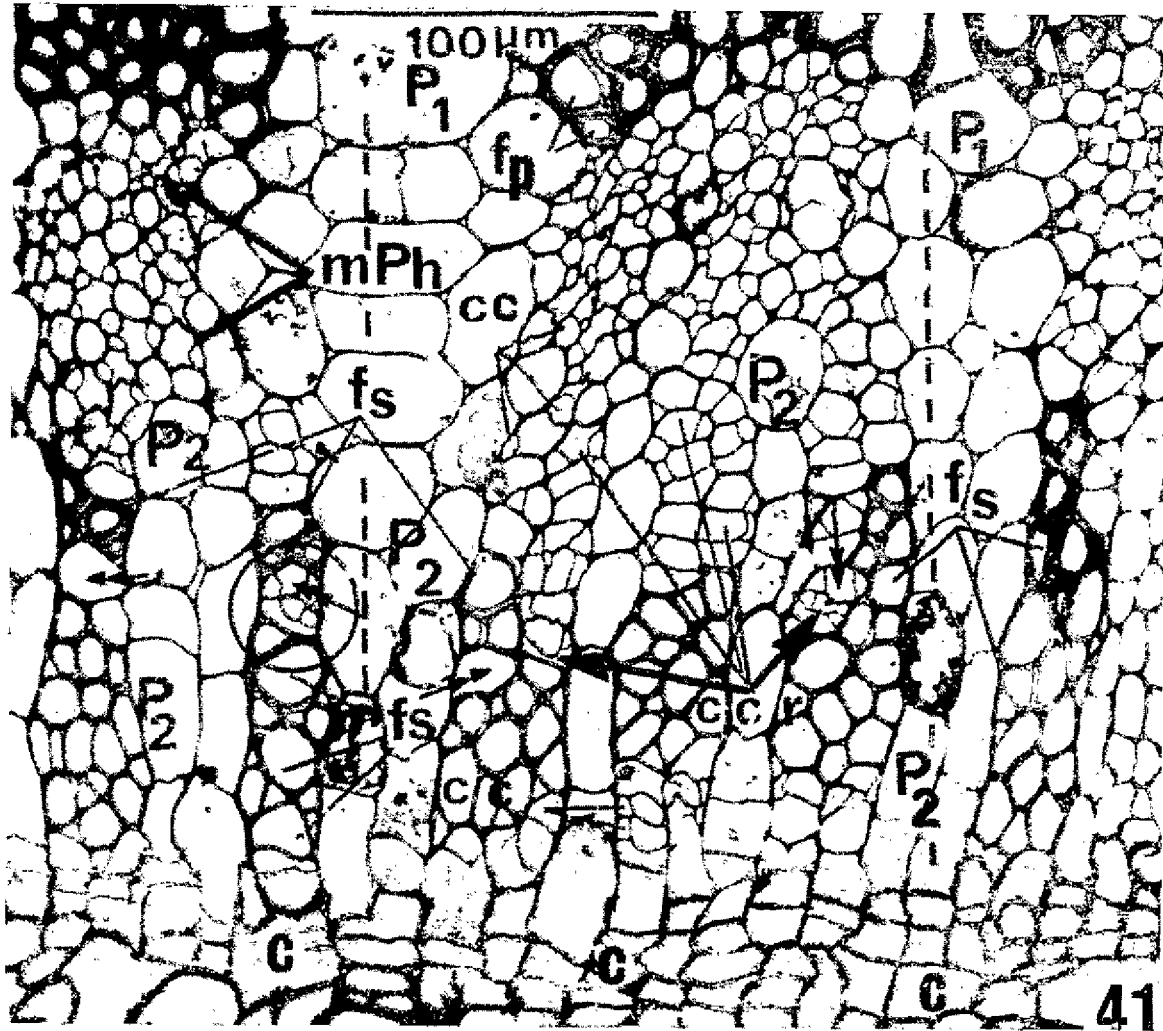












plus âgé, à la base du 1^{er} entre-nœud (fig. 42), on note, en section transversale, la superposition d'assises concentriques de faisceaux de fibres phloémiennes, fs₁, fs₂, fs₃, et d'anneaux de sous-massifs de cellules phloémiennes fonctionnelles. Phf₁, Phf₂, Phf₃.

De place en place, on observe la présence anormale de fibres lignifiées (fs et flèches épaisses), dans des sous-massifs de phloème fonctionnel dont toutes les autres cellules possèdent des parois fines pectocellulosiques. Au contact du cambium (fig. 43, c), une dernière assise de fibres secondaires, fs₄, en voie de formation, renferme des cellules lignifiées et d'autres qui ne sont encore revêtues que d'une mince paroi en cours de lignification. On remarque aussi, dans les futurs faisceaux de fibres, des cellules criblées écrasées, ccr, très dégénérées.

Les différences d'évolution des cellules phloémiennes que nous venons d'étudier témoignent de la grande originalité de la différenciation du phloème dans la plante âgée. Nous avons montré, en effet, que l'évolution phloémienne est liée à trois phénomènes essentiels : la différenciation des cellules phloémiennes primaires mises en place au cours de l'embryogenèse, l'activité du point végétatif et le fonctionnement du cambium. Le phloème possède quatre types cellulaires que nous avons définis plus haut et dont le devenir n'est pas identique selon l'assise à laquelle ils appartiennent. Ainsi, dans les assises de phloème fonctionnel, toutes les cellules demeurent vivantes, alors que, dans les anneaux fibreux, toutes les cellules des faisceaux de fibres dégèrent et meurent.

L'examen d'un plant de *Hibiscus camarinus* pourvu de 40 feuilles en voie d'étalement (fig. 44)

permet de résumer les principaux événements qui interviennent dans l'axe aérien de la plante adulte. Au sommet du 30^e entre-nœud, 30^e E.N. et a. et au-dessus de cette zone, vers le méristème caulinaire, le phloème primaire est fonctionnel. Dans la partie haute du 29^e entre-nœud, b, les cellules compagnes et celles du parenchyme phloémien du protophloème et de la zone externe du metaphloème mettent en place une paroi secondaire lignifiée et donnent naissance à des fibres primaires. À ce niveau, les cellules du phloème secondaire, nouvellement formées, sont fonctionnelles. À la base du 29^e entre-nœud, c, les premières fibres secondaires se constituent. Les entre-nœuds 28 à 25 comptent chacun une assise de fibres primaires et une assise de fibres secondaires bien différenciées. Le nombre d'assises de fibres secondaires augmente lorsque l'on se rapproche de l'hypocotyle. On compte, par exemple, deux assises de fibres secondaires à la base du 25^e entre-nœud, g, et 3 au niveau du 10^e, h. On en dénombre 4 dans le 6^e entre-nœud, i, et 8 dans l'hypocotyle.

Si l'on examine un fragment d'une plante adulte traitée par rouissage (fig. 45, b), on constate que les fibres phloémiennes constituent, extérieurement à l'axe aérien, des veines saillantes anastomosées entre lesquelles subsistent de grandes plages lenticulaires correspondant à l'emplacement des cellules de parenchyme phloémien P1 et P2.

On note aussi, dans la zone pérимédullaire d'un fragment de tige sectionné longitudinalement au niveau de son plan de symétrie (fig. 45, a), la présence de fibres internes, fi, groupées en faisceaux parallèles à l'axe de la tige et qui ont une morphologie et une disposition très différentes de celles des fibres phloémiennes, fe.

La formation des fibres internes pérимédullaires

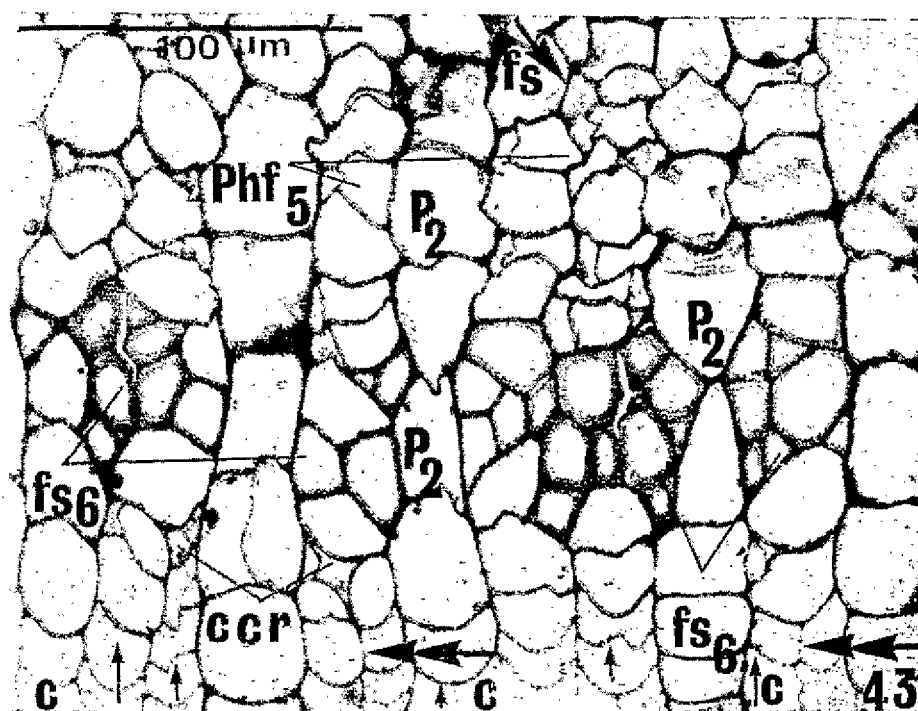
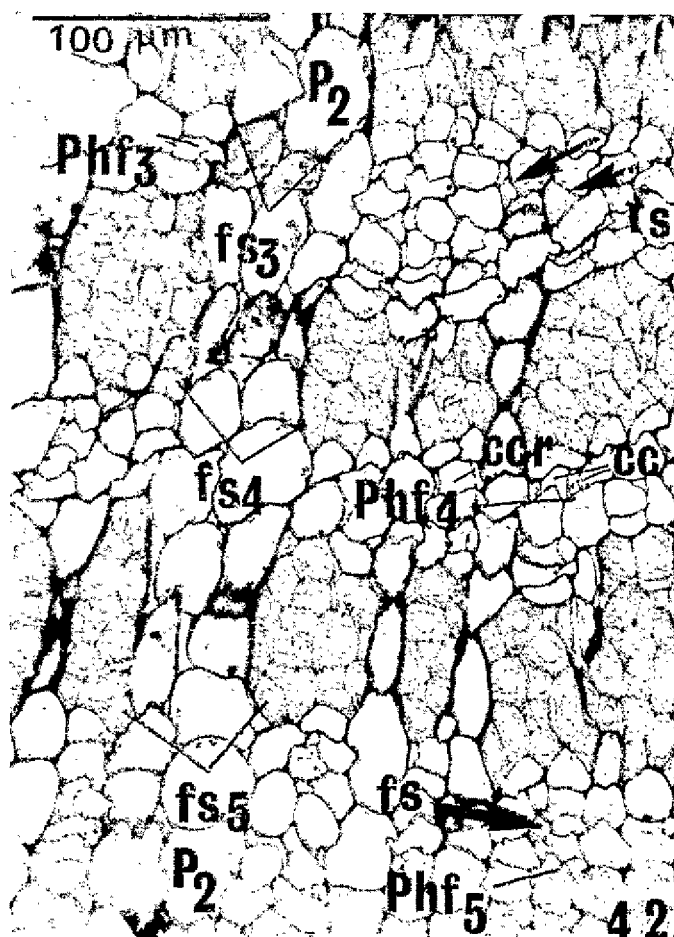
Dans la partie haute du 30^e entre-nœud d'une plante ayant acquis 40 feuilles (fig. 46), on observe, en section transversale, des cellules parenchymateuses désignées par pm. Elles sont disposées au contact de cellules médullaires, m, qui se recloisonnent pérимédullairement (flèches) et de vaisseaux protoxylémiens, vs, déjà très différenciés. Examinées en microscopie électronique et en section transversale (fig. 47), les cellules pm se caractérisent par de gros amyloplastes, P, et un noyau, N. De petites cellules de parenchyme xylémien (fig. 48, px) entourent les vaisseaux du protoxylème, vs, dépourvus de cytoplasme et revêtus d'une épaisse paroi secondaire lignifiée, pr2. Ces cellules parenchymateuses, px, sont remarquables par l'abondance de leur cytoplasme peu vacuolisé, la présence de plastides, P, et d'un gros noyau, N. Par suite de leurs recloisonnements en tous sens (fig. 49), elles détachent les vaisseaux protoxylémiens, vs, cellule par cellule, ou par groupe de deux à trois éléments (fig. 50, vs, et flèche double), et les repoussent vers la moelle où ils sont écrasés. Observées en section transversale (fig. 50), les cellules pérимédullaires les plus internes, situées au

contact des vaisseaux protoxylémiens écrasés, mettent en place une paroi secondaire lignifiée, pr2, et se transforment en fibres, fi. Il en est de même des cellules médullaires qui leur sont contiguës.

Les fibres internes pérимédullaires ont donc comme origine deux types cellulaires : des éléments de parenchyme xylémien et des cellules médullaires qui, avant d'épaissir leurs parois, ont subi un ou plusieurs recloisonnements. Les fibres internes se forment par un phénomène d'induction au contact avec la paroi lignifiée des vaisseaux protoxylémiens écrasés.

Les premières fibres internes prennent naissance, dans la tige, dans la partie supérieure du 1^{er} entre-nœud, lors de l'étalement de la 11^e feuille. Leur différenciation progresse en direction du méristème caulinaire et vers l'hypocotyle où elles se mettent en place au moment de l'acquisition de la 17^e feuille.

Au niveau du 29^e entre-nœud d'une plante ayant acquis 40 feuilles (fig. 51), un massif de fibres internes, fi, groupe, en section transversale, une soixantaine de cellules dont l'évolution se poursuit par voie centrifuge et latéralement, tandis que le xylème pri-



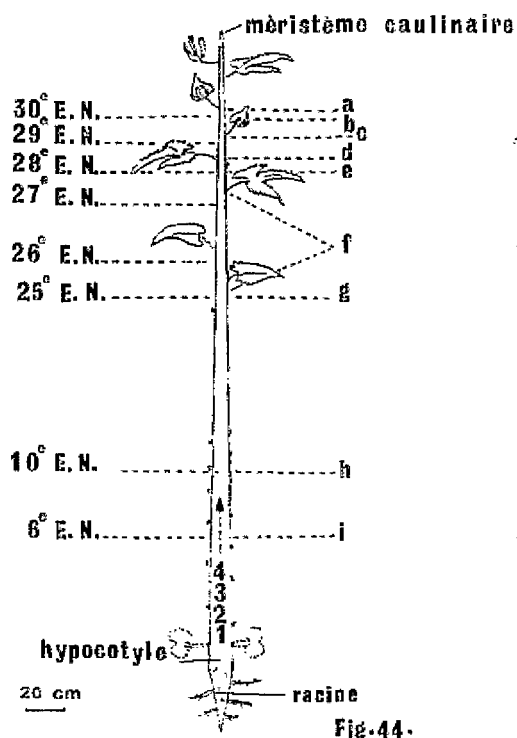


Fig. 44.

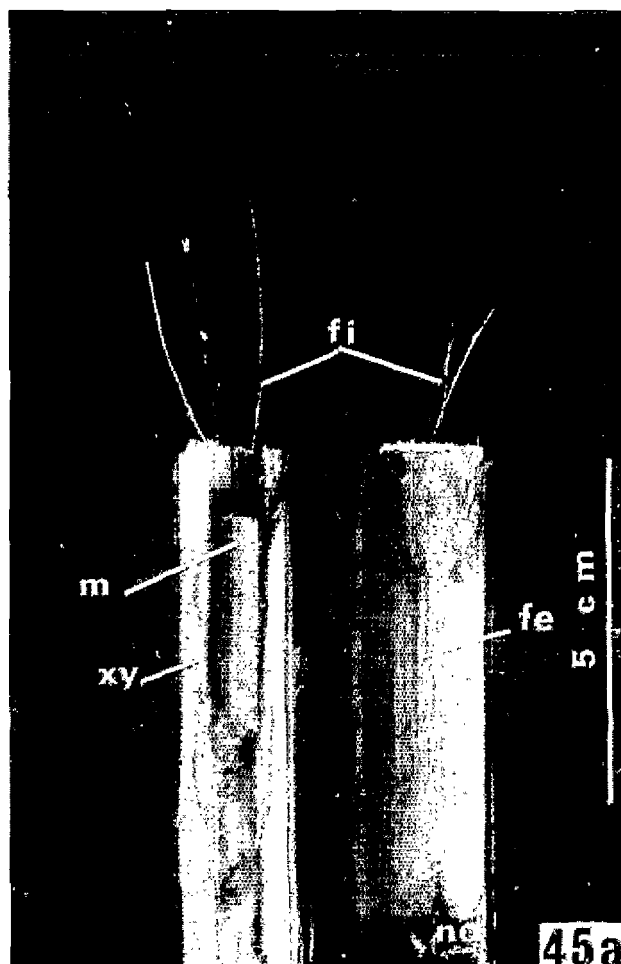
Fig. 45 a et b. — Aspect macroscopique de fragments d'une plante ayant acquis 40 feuilles.

Fig. 45 a. — Zones interne et externe du 22° entre-nœud, sectionné longitudinalement au niveau du plan de symétrie de l'axe caulinaire. Le rouissage a permis l'élimination de la plupart des cellules à paroi pecto-cellulosique. Les fibres internes, fi, sont groupées en faisceaux qui ne présentent pas d'anastomose entre eux, contrairement aux fibres externes, fe, G X 1,0.

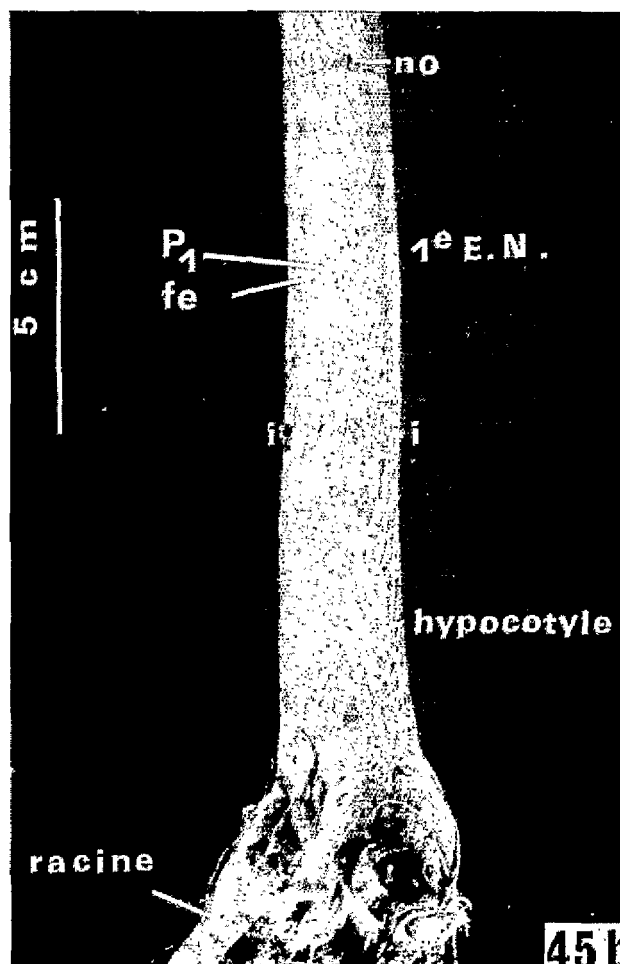
Fig. 45 b. — Fragment comprenant la partie haute de la racine, l'hypocotyle et le premier entre-nœud de la tige (1° E.N.). On reconnaît les marques de l'insertion des cotylédons, i, et celle de la première feuille, no. Les faisceaux de fibres externes, fe, sont anastomosés en un réseau et dessinent des sortes de losanges à l'intérieur desquels se trouvent les îlots de parenchyme de type P₁, G X 0,6.

Fig. 45 a. — Zones interne et externe du 22° entre-nœud, sectionné longitudinalement au niveau du plan de symétrie de l'axe caulinaire. Le rouissage a permis l'élimination de la plupart des cellules à paroi pecto-cellulosique. Les fibres internes, fi, sont groupées en faisceaux qui ne présentent pas d'anastomose entre eux, contrairement aux fibres externes, fe, G X 1,0.

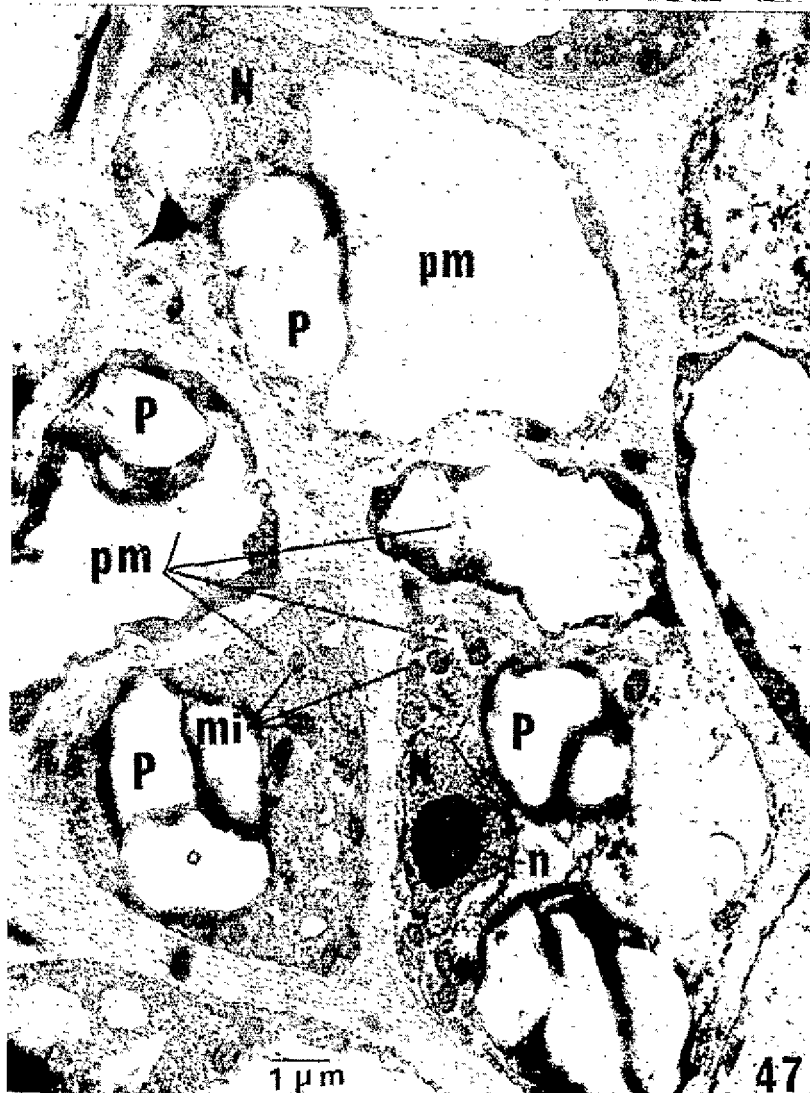
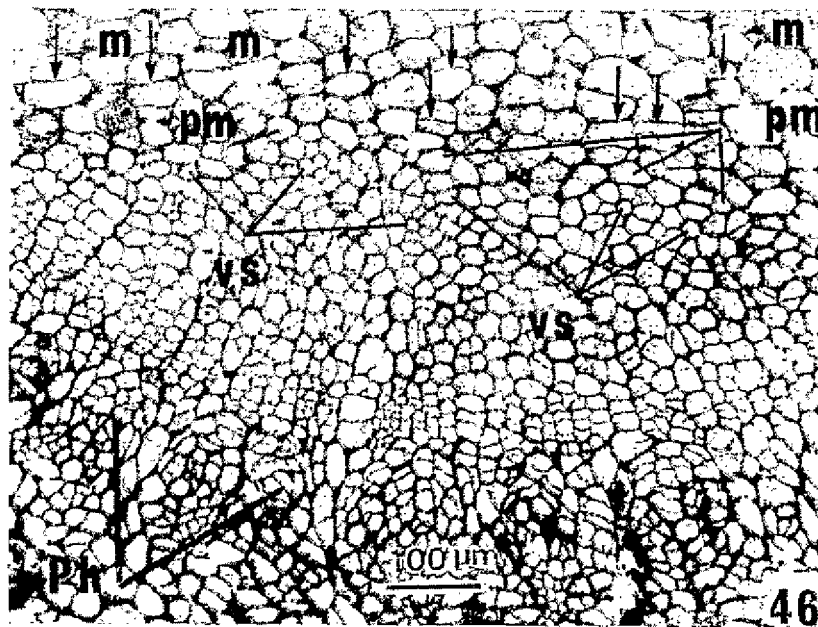
Fig. 45 b. — Fragment comprenant la partie haute de la racine, l'hypocotyle et le premier entre-nœud de la tige (1° E.N.). On reconnaît les marques de l'insertion des cotylédons, i, et celle de la première feuille, no. Les faisceaux de fibres externes, fe, sont anastomosés en un réseau et dessinent des sortes de losanges à l'intérieur desquels se trouvent les îlots de parenchyme de type P₁, G X 0,6.

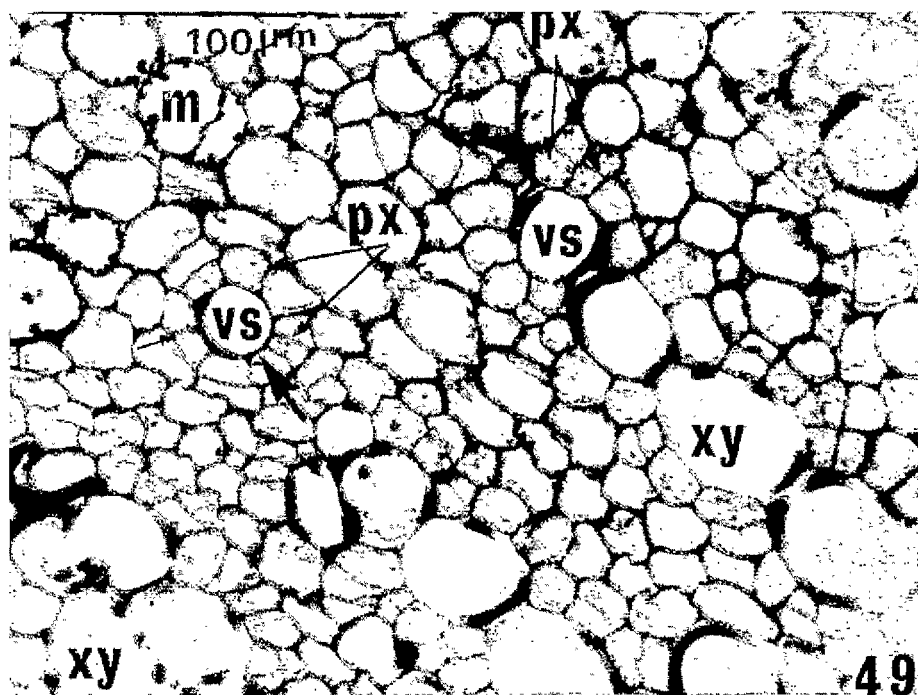
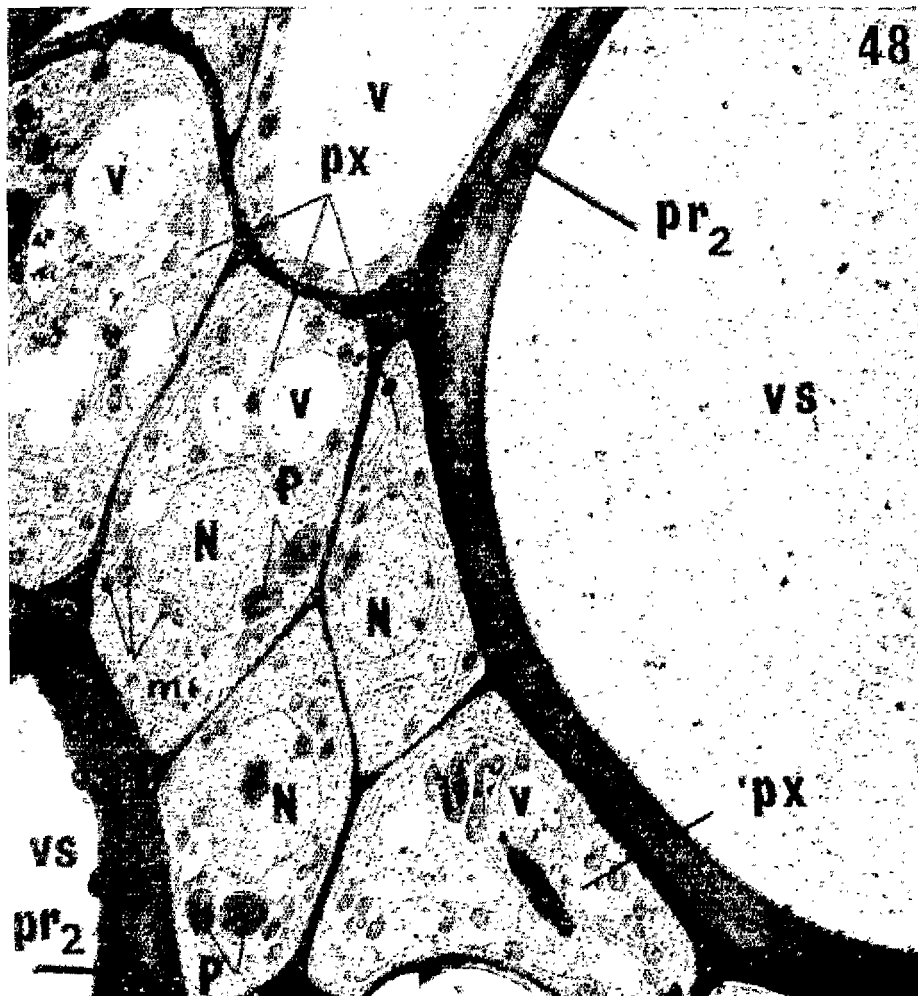


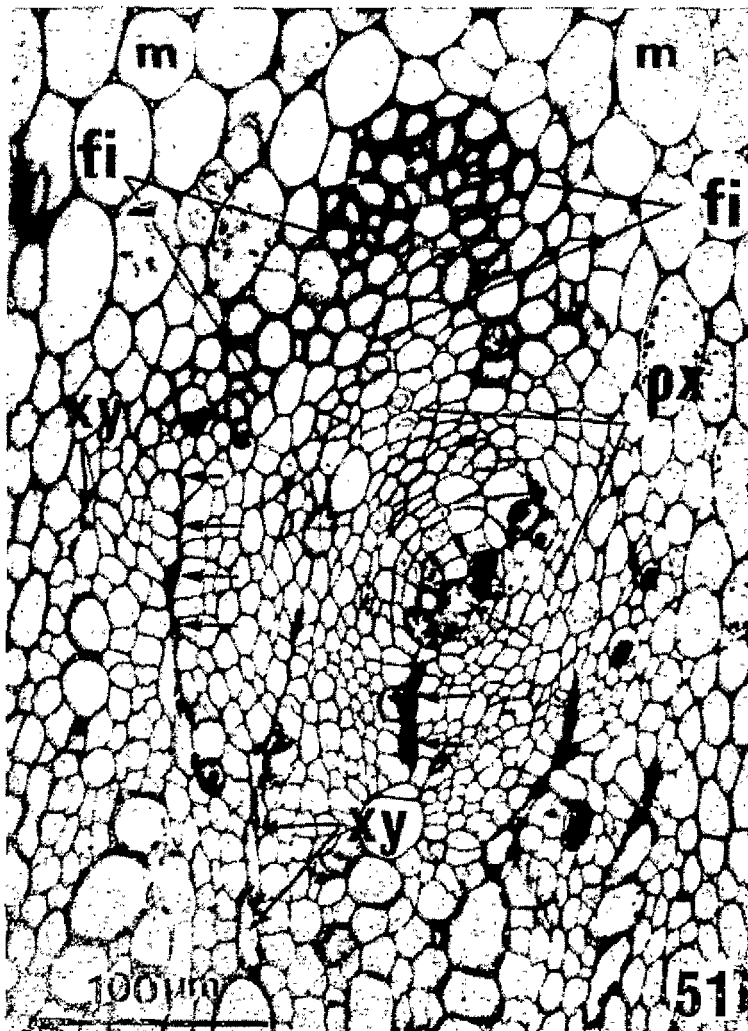
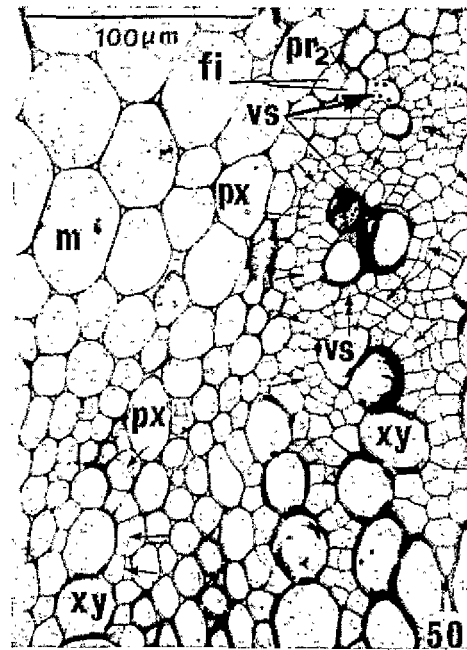
45a



45b







maire, xy, est éliminé par suite du développement considérable du nombre des cellules de parenchyme phloémien, px.

Les fibres internes existent dans la plus grande partie de l'hypocotyle et de la tige de la plante adulte, ainsi que dans le pétiole. Elles sont absentes dans la racine et, chez la plante âgée, dans la partie basse de l'hypocotyle.

Ces éléments fibreux ne présentent aucun intérêt pratique, car ils sont peu abondants, difficilement extractibles et n'ont pas de qualités technologiques convenables.

Seules, les fibres phloémiennes du plant, hypocotyle et tige, sont des fibres textiles. Elles possèdent, en effet, les caractéristiques technologiques nécessaires (tabl. 1) pour assurer leur traitement industriel dans les usines de filature et de tissage.

Évolution de la composition chimique des fibres

Les qualités textiles sont maximales lorsque les fibres sont prélevées au moment de l'ouverture des premières fleurs. Nous avons cherché à déterminer si les variations de la valeur textile des fibres allaient de pair avec une évolution de leur composition chimique. Pour cela, nous avons effectué l'analyse chimique des fibres rouies, prélevées à différents ni-

veaux et à trois stades de la vie de la plante, lors de l'acquisition de la 4^e, puis de la 16^e feuille et, enfin, au stade adulte. Pour ce dernier stade, trois types d'échantillons ont été analysés. Les uns groupent les formations fibreuses de l'ensemble du plant, tandis que les deux autres sont seulement issus de sa partie basse. Ils constituent respectivement une

Tableau 1. — *Caractéristiques technologiques principales de quelques fibres textiles (d'après ROEHRICH et BUI-XUAN-NHUAN; documents I.R.C.T.)*

Dénomination	Longueur mm	Densité apparente	Finesse Nm	Ténacité (longueur de rupture) km	Indice de rigidité (1/souplesse)	Taux de reprise %*	Allongement avant rupture %†
Fibres élémentaires (végétales et autres)							
Nylon	pratiquement illimitée	1,14	pratiquement illimitée	50 à 65	> 1	3,5	15 à 25
Soie	5.10 ³ à 12.10 ³	1,35	9 000	40 à 45	> 1	11,0	15 à 20
Laine	20 à 250	1,31	600 à 3 700	10 à 15	> 1	17,0	30 à 40
Coton	30 à 40	1,10 à 1,30	3 500 à 8 000	30 à 40	> 1	8,5	5 à 8
Ramie (1)	50 à + de 300	1,10	1 800 à 2 500	50 à 60	1,35	8,5	4,5
Filasses (1) (fibres jutières)							
<i>Corchorus olitorius</i> et <i>C. capsularis</i> (Jute) ...	2 000	0,85	250 à 300	30 à 35	1,54 à 1,60	12,0	1,5
<i>Hibiscus cannabinus</i> (Dah, Mesta, Kénaf) ...	1 500 à 2 500	0,85	200 à 250	28 à 35	1,75 à 1,80	10 à 12	1,5
<i>Hibiscus sabdariffa</i> (Kénaf, Roselle, « Jute » du Siam)	2 000 à 2 200	0,78	200 à 220	30 à 35	1,75 à 1,80	10 à 12	1,5
<i>Urena Lobata</i> (Paka, « Jute » malgache et congolais)	1 800	0,80	200 à 300	35 à 45	1,70 à 1,80	12,0	1,5
Autres fibres							
Lin	600 à 800	1,0 à 1,20	200 à 600	40 à 60	1,10 à 1,75	12,0	1,5
Chanvre	2 000 à 3 000	0,95 à 1,00	200 à 250	50 à 60		12,0	1,5
Sisal	800 à 1 000	0,70	30 à 35	40 à 60	2,20 à 2,50	14,0	2,0

(1) Mode d'obtention des fibres et « filasses » :

Coton : récolte manuelle.

Ramie : « dégomme » chimique de la zone phloémienne à la soude, suivi d'un « blanchiment » des fibres à l'hypochlorite de sodium.

Hibiscus cannabinus et « fibres jutières » : rouissage biologique à l'eau (action bactérienne aérobie puis anaérobie).

Lin et *Chanvre* : rouissage biologique à l'eau ou « à la rosée » (rouissage aérobie).

Sisal : extraction mécanique.

* Une fibre d'*Hibiscus* présente un « taux de reprise » de 10 % : cela signifie que 100 grammes de fibres sèches peuvent absorber 10 grammes d'eau (à 20 °C et à 60 % d'humidité relative).

** Un échantillon de laine présente un « allongement avant rupture » de 30 % : cela signifie qu'un filament de 100 mm de longueur s'allonge de 30 mm lorsqu'on le soumet à une force de traction croissante. Il se rompt si on l'étire au-delà de cette distance. Un échantillon (théorique) qui possède un « allongement avant rupture » de 100 % s'allonge de sa propre longueur avant de rompre.

zone fibreuse externe, la plus âgée, et une zone fibreuse interne, construite uniquement par les fibres secondaires, les plus jeunes.

Nous avons employé des méthodes microchimiques pour évaluer les constituants glucidiques des parois fibreuses isolés par extractions fractionnées successives.

Le protocole de THORNER et NORTHCOTE (tabl. 2) permet de recueillir des matières pectiques, après action du sel disodique de l'acide éthylène diamine tétraacétique (E.D.T.A.), puis une fraction xylane, après élimination de la lignine par le chlorite de sodium, puis traitement de la matière fibreuse résiduelle par le diméthylsulfoxyde (D.M.T.S.O.). La potasse extrait ensuite une fraction arabinogalactane et l'hémicellulose I qui précipite en solution éthanolique à 80° GAY-LUSSAC. L'action de la soude conduit à l'obtention de la glucomannane et de l'hémicellulose II. La matière fibreuse qui subsiste, après ces différents traitements, est l'alpha-cellulose.

Les diverses fractions ainsi obtenues sont ensuite traitées par l'analyse chromatographique (tabl. 3). Les échantillons de fibres rouies et délipidées font l'objet du même traitement afin d'établir leur composition totale en oses : le matériel est hydrolysé par l'acide trifluoroacétique. Les polysaccharides sont ainsi dissociés en oses ; ces derniers sont réduits par le borohydrure de sodium ; ils donnent naissance à des alditols qui sont ensuite acétylés par l'anhydride acétique. Les alditols acétates sont injectés dans le chromatographe en phase gazeuse où ils subissent une analyse qualitative et quantitative.

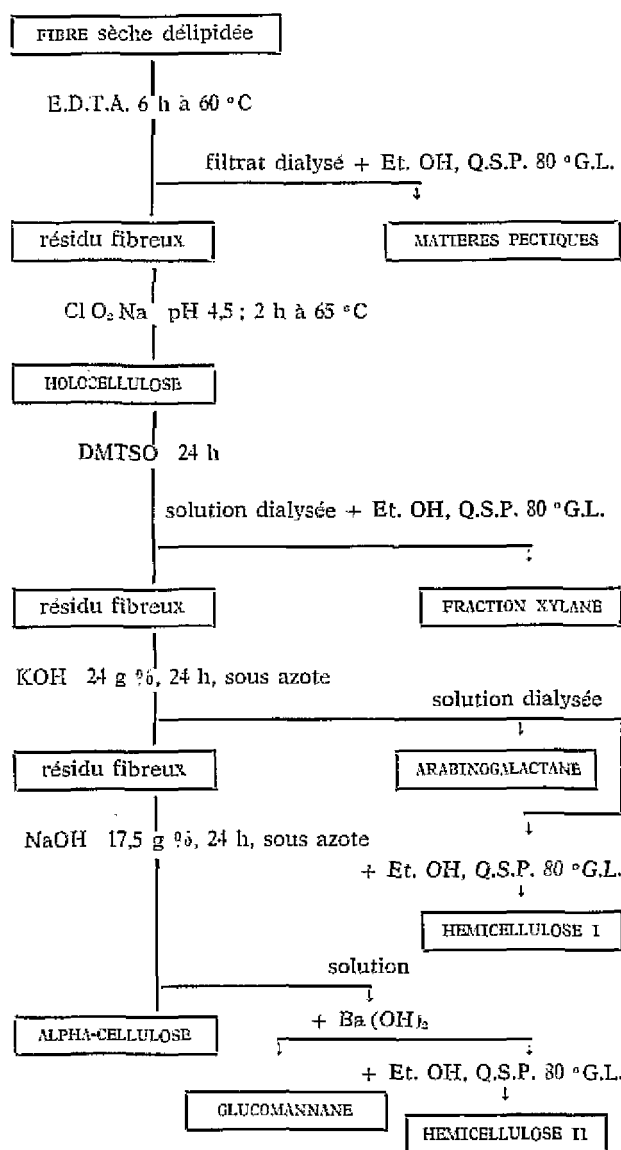
L'analyse des fibres rouies et délipidées (fig. 52) montre que leur composition chimique est pratiquement identique aux trois stades étudiés.

La teneur en alpha-cellulose (alpha c.), évaluée en pourcentage par rapport à la somme des macromolécules, est comprise entre 54 et 57 %. Celle des xylanes, xy, varie seulement de 16,6 à 20,8. On note un taux de glucomannane, Glm, de 13 % dans les fibres au stade 4 et de 7 % dans les fibres plus âgées. Les fibres au stade 4 renferment 0,9 % de glucogalactomannane, Gglm) ; les autres échantillons n'en possèdent qu'à l'état de traces. Seule, la teneur en lignine, L, qui passe de 9,6 % au stade 4 à 5,6 % au stade adulte, diminue d'une manière significative lorsque les fibres vieillissent.

Notons cependant que les résultats du dosage de la lignine doivent être considérés avec quelque réserve, compte tenu des difficultés d'évaluation de la lignine réelle (LENGAGNE, 1974). La lignine dosée est en effet composée d'un mélange de lignine pure et de polysaccharides qu'il est impossible de dissocier et dont les proportions respectives ne peuvent pratiquement pas être déterminées d'une manière extrêmement précise. Des recherches ultérieures seront donc nécessaires pour contrôler ce résultat.

L'analyse chromatographique confirme que la composition glucidique des fibres est pratiquement identique aux trois stades étudiés (tabl. 4). Les fibres rouies sont extrêmement riches en xylose et en glucose, qui constituent, en moyenne, respectivement

Tableau 2. — *Protocole opératoire des extractions fractionnées successives*



Abréviations utilisées :

E.D.T.A. : sel disodique de l'acide éthylène diamine tétraacétique.

Et. OH, Q.S.P. : Ethanol en quantité suffisante pour..

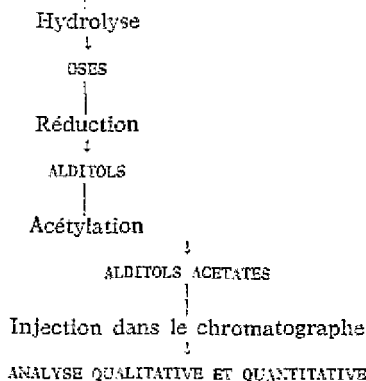
DMTSO : Diméthylsulfoxyde.

71 et 17 % des sucres totaux. Les autres oses, mannose, galactose, arabinose, fucose et rhamnose, ne sont présents qu'en très faible quantité. Le tableau 4 montre, par conséquent, que les fibres phloémiennes de l'*Hibiscus cannabinus* sont essentiellement formées de xylane et d'alpha-cellulose, dont l'hydrolyse donne respectivement du xylose et du glucose. On remarque aussi, qu'au stade adulte, la zone fibreuse externe est plus riche en xylose et plus pauvre en glucose que la zone fibreuse interne.

L'analyse chromatographique des différents polysaccharides des parois fibreuses extraits selon le protocole de THORNER et NORTHCOTE montre aussi que leur composition glucidique est différente de celles des fractions dénommées par ces auteurs.

Tableau 3. — Schéma de l'analyse microchimique

MATÉRIEL VÉGÉTAL (fibre rouie délipidée, polysaccharide)



Les fractions matières pectiques, arabinogalactane et hémicellulose I, qui comportent respectivement 80,00 - 88,40 et 98,10 % de xylose sont, en fait, des xylanes. La glucomannane est, en réalité, une gluco-galactomannane. Seules, les fractions xylane et alpha-cellulose conservent leur dénomination. Ces différences de composition entre les polysaccharides extraits réellement des parois fibreuses et ceux du protocole de THORNER et NORTHCOTE s'expliquent par le caractère non spécifique des réactifs utilisés. Les substances chimiques mises en œuvre ne pouvant extraire que les matières glucidiques qui existent réellement dans les fibres.

Une autre conclusion s'impose, à l'examen de ces résultats : les variations des qualités textiles des fibres ne vont pas de pair avec des modifications de leur composition chimique. Au stade 4, les fibres phloémiennes possèdent une teneur maximale en lignine très tôt après la lignification de la paroi secondaire, alors que cette dernière est encore très mince. Ces fibres manquent de résistance et le rendement pondéral produit par un plant est insignifiant. Ce ne sont donc pas des fibres textiles à proprement parler. Par contre, les fibres prélevées au stade adulte, au moment de la floraison, présentent toutes les qualités requises pour assurer leur aptitude à la filature : rendement pondéral important, longueur, finesse et résistance. Ainsi, l'on conçoit que ces deux échantillons de fibres, bien qu'ils possèdent la même composition chimique, puissent avoir des caractéristiques physiques très différentes et ne pas se prêter au même usage.

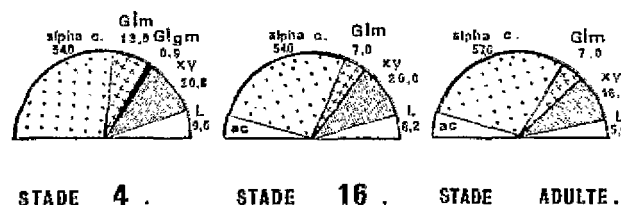


Fig. 52. — Résultats, exprimés en pourcentage, de l'analyse des macromolécules constitutives des échantillons de fibres rouies délipidées et sèches pour trois stades de la vie de la plante.

alpha-cellulose : alpha c.; glucomannane : Glm; gluco-galactomannane : Glgm; xylane : xy; lignine : L; autres constituants : ac.

Le nombre qui figure au-dessous de chaque constituant essentiel représente le pourcentage de celui-ci par rapport à la somme de toutes les macromolécules.

Tableau 4. — Résultats* d'analyse, par chromatographie en phase gazeuse, des sucres neutres constituant les fibres rouies et les polysaccharides des diverses fractions extraites

Dénomination des échantillons	Fibres rouies					Polysaccharides						
	Stade 4	Stade 16	Stade adulte	Zone fibreuse externe	Zone fibreuse interne	Matières pectiques	Xylane	Arabino- galactane	Gluco- mannane	Hémi- cellulose I	Hémi- cellulose II	Alpha- cellulose
Sucres dosés												
Rhamnose	0,61	0,70	traces	traces		traces					4,45	
Fucose	1,00	2,20	1,60	1,80	1,30	traces	1,80	1,70		1,50	2,00	
Arabinose	2,60	2,20	1,60	1,00	0,80	traces	9,20	1,90		0,30	1,14	5,00
Xylose	75,40	71,40	68,00	75,00	47,60	80,00	60,10	88,40	14,00	98,10	22,40	1,00
Mannose	3,30	4,00	5,30	3,50	2,30		3,70	2,65	20,00		28,00	
Galactose	2,20	3,00	3,00	2,30	0,26	18,00	3,70	traces	30,60	traces	traces	
Glucose	14,80	16,70	20,20	16,20	47,30	2,00	21,50	5,30	35,20	traces	42,00	94,00

* Les résultats sont exprimés en pourcentage de chacun des sucres par rapport à la somme des teneurs de tous les sucres.

SYNTHÈSE ET DISCUSSION DES RÉSULTATS

Nos travaux sur l'*Hibiscus cannabinus* ont montré que les fibres textiles sont bien d'origine phloémienne et que, seules, les cellules de parenchyme phloémien et les cellules compagnes évoluent en fibres.

Pour établir ces résultats, une étude en microscopie électronique a été nécessaire, étant donné les grossissements auxquels il fallait parvenir pour déceler la présence et identifier les cellules criblées.

Les quatre types cellulaires qui construisent le phloème primaire et secondaire possèdent chacun des caractéristiques morphologiques et cytologiques bien distinctes. Les cellules d'une même catégorie sont, par contre, cytologiquement identiques, quelle que soit leur origine, primaire ou secondaire, mais leur devenir est différent selon les assises phloémiennes auxquelles elles appartiennent.

Ainsi, dans les sous-massifs des assises du phloème fonctionnel, toutes les cellules restent vivantes, alors que, dans ceux qui produisent les faisceaux de fibres, toutes les cellules dégèrent et meurent.

L'examen du comportement des cellules compagnes indique que certaines d'entre elles conservent le pouvoir de se diviser, alors que d'autres se différencient rapidement en fibres. Nous avons noté, d'autre part que, dans la tige, les cellules des sous-massifs du protophloème et d'une partie du métaphloème donnent des fibres, alors que les éléments du métaphloème les plus proches des tissus secondaires demeurent vivants. Pourtant, avant la naissance des fibres primaires, le métaphloème constitue un ensemble parfaitement homogène.

D'autre part, nous avons remarqué des anomalies dans la mise en place des faisceaux de fibres du phloème secondaire : des cellules de certains sous-massifs de phloème fonctionnel peuvent se transformer en fibres. Le mécanisme cytologique qui conditionne l'évolution cellulaire vers l'élaboration puis la lignification de la paroi secondaire et qui entraîne alors inéluctablement la mort des cellules nous est encore inconnu. Des facteurs d'ordre génétique, enzymatique et physicochimique interviennent sûrement.

L'étude des fibres internes pérимédullaires a établi que certaines cellules parenchymateuses, d'origine xylémienne et médullaire, acquièrent une paroi secondaire qui se lignifie par un phénomène d'induction par contact. Ce processus, également observé dans le xylème, intervient aussi chez certaines fibres phloémiennes, à la base de l'hypocotyle de l'*Hibiscus cannabinus*.

Nous avons montré que la formation des parois, primaires ou secondaires, est assurée selon des modalités qui dépendent du type cellulaire considéré et témoignent de son originalité. Dans les cellules compagnes, par exemple, les dictyosomes sont nombreux dès la seconde phase de l'évolution cellulaire et présentent des aspects spécifiques : groupement en aires golgiennes, élaboration de plusieurs types de vésicules dictyosomales qui ont chacun un rôle physiologique différent. Cependant, nous avons aussi relevé, au cours des diverses étapes de l'édification

des parois et quel que soit le type cellulaire concerné, collenchymateux, phloémien, ou l'embranchement considéré, Ptéridophytes, Bryophytes, Gymnospermes, Angiospermes Dicotylédones, des aspects identiques dans le comportement des dictyosomes, des vésicules golgiennes, du plasmalemm ou des corps multivésiculaires. Ceci permet d'attribuer à certains organites un rôle précis dans la construction des parois ; par exemple, un rôle sécréteur aux dictyosomes et aux vésicules golgiennes et une fonction de réserve d'enzymes de synthèse des polysaccharides au plasmalemm.

L'examen cytologique, cytochimique et l'analyse chimique des parois des fibres phloémiennes, au cours de la différenciation et après la lignification, établissent que la lignine constitue une matière incrustante de la trame cristalline cellulosique et hémicellulosique. La paroi secondaire nouvellement mise en place est, en effet, essentiellement cellulosique ; son épaisseur demeure ensuite constante jusqu'à ce que la paroi ait atteint sa teneur maximale en lignine. Le taux de lignine, estimé par dosage chimique, diminuerait lorsque la paroi secondaire s'épaissit au cours du vieillissement.

Ces observations mettent bien en évidence le fait que les parois lignifiées sont le siège de modifications, enzymatiques et physicochimiques, qui se poursuivent au-delà de la mort de la cellule.

L'étude anatomique des fibres phloémiennes dans l'axe aérien montre que leur évolution s'effectue en quatre phases principales, liées à trois phénomènes essentiels : la différenciation des cellules phloémiennes primaires mises en place au cours de l'embryogenèse, l'activité du point végétatif et le fonctionnement du cambium.

Avec ses quatre catégories cellulaires, le phloème construit un édifice très complexe et d'une architecture extrêmement originale. Celle-ci est caractérisée par une hétérogénéité d'organisation selon le niveau examiné dans les différents organes et suivant l'âge de la plante, et par une périodicité de structure tout à fait remarquable. On note, en effet, l'alternance régulière d'assises concentriques de faisceaux de fibres et d'anneaux de sous-massifs de cellules de phloème fonctionnel associés dans l'espace en réseaux anastomosés.

Dans l'hypocotyle et dans la tige, la gaine fibreuse cylindrique, qui fournit la filasse textile, présente une triple hétérogénéité : anatomique, par sa constitution en réseaux anastomosés ; structurale, parce que la fibre textile est produite par l'assemblage de cellules fibreuses élémentaires en un faisceau et, enfin, chimique. Nos résultats ont en effet établi que les parois fibreuses sont composées de diverses substances glucidiques (xylane, glucomannane, alpha-cellulose) et de lignine. Le protocole très élaboré de THORNER et NORTHCOTE (1961, 1962) a permis d'identifier également une glucogalactomannane à l'état de traces, si bien que, désormais, toutes les substances pariétales de ces fibres sont connues.

Ainsi, l'étude histocytologique et l'analyse chimique des fibres phloémiennes permettent de mieux comprendre l'essentiel de leurs qualités textiles, longueur, finesse, résistance et souplesse.

Nos observations ouvrent de nouvelles voies de recherches dans le domaine de la cytologie des cellules phloémiennes. Le problème majeur qui reste à élucider est celui des raisons de la différenciation ou de la mort des cellules. Le comportement des cellules criblées est très original. Eléments essentiels du phloème, ces cellules restent vivantes dans les sous-massifs du phloème fonctionnel, alors qu'elles dégèrent et meurent dans les faisceaux de fibres. Il conviendrait aussi d'expliquer pourquoi certaines cellules compagnes conservent le pouvoir de se diviser, alors que d'autres évoluent beaucoup plus rapidement et se transforment en fibres. On doit se demander pour quelles raisons deux modes de différenciation sont suivis, alors que chez d'autres plantes, le *Coleus* par exemple, toutes les cellules compagnes sont écrasées en même temps que les cellules criblées (PIZZOLATO et HEIMSH, 1975).

Enfin, nos résultats offrent de nouvelles perspectives de recherches pratiques sur l'amélioration des qualités textiles de l'*Hibiscus cannabinus* L. par une action indirecte possible sur les cellules-mères des fibres et sur les fibres elles-mêmes au cours de la vie de la plante. Il sera intéressant d'envisager, sur de jeunes plants maintenus en culture hydroponique, le rôle de certaines auxines, en particulier celui de l'acide bêta-indolyl-acétique qui provoque l'accroissement des dimensions cellulaires; celui des cytoki-

nines, capables de promouvoir la division cellulaire et d'augmenter à la fois la qualité et le nombre des cellules-mères des fibres ou, encore, celui de l'acide gibbéréllique, qui induit une elongation particulière des cellules.

Suivant une étude comparable à celle de BESNARD-WIBAUT (1970), nous examinerons le comportement de l'*Hibiscus cannabinus* L. sous divers traitements photopériodiques. La grande sensibilité de cette plante à la longueur du jour devrait permettre d'obtenir une elongation caulinaire maximale, avant le passage à l'état reproducteur et d'induire précocement la floraison pour assurer un grand rendement en semences, tout en la déclenchant sous un climat différent de celui d'origine.

Nous tenterons de vérifier si le taux de lignine diminue vraiment lorsque les fibres vieillissent (ce que tendent à prouver nos dosages chimiques), ou si, au contraire, les variations observées proviennent du fait que les résidus sulfuriques (LENGAGNE, 1974), à partir desquels sont calculées les teneurs en lignine, renferment des polysaccharides en proportions variables suivant l'âge des fibres, les éléments les plus jeunes en possédant davantage que les fibres âgées. Pour confirmer ces hypothèses, nous effectuerons l'extraction fractionnée de tous les polysaccharides et de la lignine des fibres de différents âges. Nous déterminerons qualitativement et quantitativement les substances extraites. La différence entre le poids des fibres analysés et celui des polysaccharides obtenus permettra d'évaluer, pour chaque stade étudié, le taux réel de lignine.

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

- BESNARD-WIBAUT C., 1970. — Action comparée de la photopériode et de l'acide gibbéréllique sur le fonctionnement apical de l'*Arabidopsis thaliana*. Etude histo-autoradiographique des synthèses nucléiques et de leur modification lors du passage à l'état reproducteur. *Rev. Cytol. Biol. Vég.*, 33, 265-288.
- DEMPSEY J.M., 1975. — Fiber crops. University Press, Florida. GAINESVILLE-ROSE ed. Tallahassee (Florida).
- DINH-NGOC-XUAN, 1973. — Réaction à la photopériode des variétés d'*Hibiscus* cultivées au Mali. *Cot. Fib. Trop.*, 28, 3, 393-400.
- LENGAGNE M.E., 1974. — Dosage de la lignine des fibres libériennes. Les limites de la méthode à l'acide sulfurique. *Bull. Sc. I.T.F.*, 3, 305-319.
- MEDINA J.C., 1959. — Plantas fibrosas da flora mundial. Instituto Agronomico Campinas Brasil. Imprimin: Industria grafica siquiera S.A. Sao Paulo.
- PIZZOLATO T.D. et C. HEIMSCH, 1975. — Ontogeny of the protophloem fibers and secondary xylem fibers within the stem of *Coleus*. II. An electron microscope study. *Can. J. Bot.*, 53, 1672-1697.
- THIERY J.P., 1967. — Mise en évidence des polysaccharides sur coupes fines en microscopie électronique. *J. Microsc.*, 6, 987-1012.
- THORNBUR J.P. et D.H. NORTHCOTE, 1961. — Changes in the chemical composition of a cambial cell during its differentiation into xylem and phloem tissue in trees. I. Main components. *Biochem. J.*, 81, 449-455.
- THORNBUR J.P. et D.H. NORTHCOTE, 1962. — Changes in the chemical composition of a cambial cell during its differentiation into xylem and phloem tissue in trees. III. Xylan, glucomannan, alpha-cellulose fractions. *Biochem. J.*, 82, 340-346.

SUMMARY

Hibiscus cannabinus L. has textile fibres of phloem origin, as well as primary and secondary fibres.

Their formation in various parts of the plant has been studied from germination to maturity.

An ontogenic investigation made on the basis of hypocotyls shows that only the two types of cellular phloem give rise to fibres.

The processes involved in their differentiation are investigated, as also the formation of their secondary lignified walls.

The discussion brings out the complexity of the processes concerned in the formation of the walls and their lignification.

RESUMEN

El Hibiscus cannabinus posee fibras textiles de origen floemiano y de tipo primario y secundario. Su colocación se estudia en las diferentes partes de la planta, desde la germinación hasta la madurez completa.

Un estudio ontogénico realizado en la base del hipocótilo muestra que únicamente los dos tipos celulares floemianos producen fibras.

Las modalidades de su diferenciación son estudiadas, así como la formación de su pared secundaria lignificada.

La discusión realza la complejidad de los fenómenos de colocación de las paredes y de su lignificación.